EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 1090-2

June 2018

ICS 91.080.13

Supersedes
EN 1090-2:2008+A1:2011

English version

Execution of steel structures and aluminium structures - Part 2: Technical requirements for steel structures

Exécution des structures en acier et des structures en *aluminium - Partie 2: Exigences techniques pour les* structures en acier

Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken *- Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von* Stahltragwerken

This European Standard was approved by CEN on 22 January 2018

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brussels

Ref. No. EN 1090-2:2018:E

INDICE

PREMESSA

Il presente documento (EN 1090-2:2018) è stato elaborato dal Comitato Tecnico CEN/TC 135 "Execution of steel structures and aluminium structures", la cui segreteria è affidata al SN.

Alla presente norma europea deve essere attribuito lo status di norma nazionale, o mediante pubblicazione di un testo identico o mediante notifica di adozione al più tardi entro dicembre 2018, e le norme nazionali in contrasto devono essere ritirate al più tardi entro dicembre 2018.

Si richiama l'attenzione alla possibilità che alcuni degli elementi del presente documento possono essere oggetto di brevetti. Il CEN non deve essere ritenuto responsabile di aver citato tali brevetti.

Il presente documento sostituisce la EN 1090-2:2008+A1:2011.

Il presente documento è stato elaborato nell'ambito di un mandato conferito al CEN dalla Commissione Europea e dall'Associazione Europea del Libero Scambio.

Il presente documento è parte della serie EN 1090 che comprende le seguenti parti:

- EN 1090-1 Execution of steel structures and aluminium structures - Part 1: Assessment and verification of constancy of performance for structural components
- EN 1090-2 Execution of steel structures and aluminium structures - Part 2: Technical requirements for steel structures
- EN 1090-3 Execution of steel structures and aluminium structures - Part 3: Technical *requirements for aluminium structures*
- EN 1090-4 Execution of steel structures and aluminium structures - Part 4: Technical requirements for cold-formed structural steel elements and cold-formed structures for roof, ceiling, floor and wall applications
- EN 1090-5 Execution of steel structures and aluminium structures - Part 5: Technical requirements for cold-formed structural aluminium elements and cold-formed structures for roof, ceiling, floor and wall applications

I requisiti tecnici per gli elementi di acciaio strutturale formato a freddo, i membri e le strutture di acciaio formate a freddo e i laminati, per il tetto, pavimento soffitto, muro e applicazioni per rivestimenti sono state rimossi dalla presente parte della serie EN 1090, poiché sono stati forniti nella EN 1090-4.

L'appendice B informativa che fornisce una guida per la determinazione della classe di esecuzione è stata rimossa come requisiti normativi per la selezione della classe di esecuzione e sono ora inclusi nella EN 1993-1-1:2005/A1:2014, Appendice C.

Un appendice D informativa è stata inclusa e fornisce una guida su una procedura per la verifica della capacità dei processi di taglio termico.

Una nuova appendice I informativa è stata inclusa e fornisce una guida sulla determinazione della perdita del precarico da rivestimenti spessi sulle superfici di contatto nelle connessioni precaricate.

Un appendice J normativa "Utilizzo di indicatori a tensione diretta di tipo rondella comprimibile" è stata rimossa.

Una nuova appendice L informativa è stata inclusa e fornisce una guida sulla selezione delle classi di ispezione delle saldature.

Le altre appendici sono state rinumerate conseguentemente:

- Appendice D diventa Appendice B;
- Appendice K diventa Appendice J;
- Appendice L diventa Appendice K.

Le Appendici A, C, E, F, G, H e M non sono state rinumerate.

Ci sono stati degli aggiornamenti inclusi in queste appendici.

Il testo principale contiene alcuni cambiamenti. Esso include dei riferimenti incrociati aggiornati per supportare le norme e alcune correzioni.

In conformità alle Regole Comuni CEN/CENELEC, gli enti nazionali di normazione dei seguenti Paesi sono tenuti a recepire la presente norma europea: Austria, Belgio, Bulgaria, Cipro, Croazia, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Islanda, Italia, Lettonia, Lituania, Lussemburgo, Malta, Norvegia, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Repubblica Ex Jugoslava di Macedonia, Romania, Serbia, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia e Ungheria.

INTRODUZIONE

La presente norma europea specifica i requisiti per l'esecuzione di strutture di acciaio, al fine di garantire adeguati livelli di resistenza meccanica e stabilità, funzionalità in esercizio e durabilità.

La presente norma europea specifica i requisiti per l'esecuzione di strutture di acciaio, in particolare quelle progettate secondo la serie EN 1993 e delle parti di acciaio di strutture composte di acciaio e di calcestruzzo progettate secondo la serie EN 1994.

La presente norma europea presuppone che l'opera sia eseguita con le competenze necessarie e con attrezzature e risorse adeguate per svolgere il lavoro in conformità alla specifica di esecuzione e ai requisiti della presente norma europea.

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma europea specifica i requisiti per l'esecuzione di carpenteria di acciaio per impieghi strutturali, come strutture o componenti fabbricati, prodotta a partire da:

- prodotti di acciaio per impieghi strutturali, laminati a caldo, fino al tipo S700 compreso;
- componenti e lamiere formati a freddo fino al tipo S700 compreso (a meno che non rientrino nello scopo e campo di applicazione della EN 1090-4);
- prodotti di acciaio inossidabile austenitico, austenitico-ferritico e ferritico finiti a caldo o formati a freddo;
- sezioni cave per impieghi strutturali finite a caldo o formate a freddo, compreso l'intervallo di riferimento, i prodotti laminati su misura e le sezioni cave fabbricate mediante saldatura.

Per i componenti prodotti con componenti formati a freddo e per le sezioni cave per impieghi strutturali formate a freddo che rientrano nello scopo e campo di applicazione della EN 1090-4, i requisiti della norma EN 1090-4 prevalgono sui corrispondenti requisiti della presente norma europea.

La presente norma europea può inoltre essere utilizzata anche per tipi di acciaio per impieghi strutturali fino a S960 compreso, a condizione che le condizioni di esecuzione siano verificate in base a criteri di affidabilità e che siano specificati tutti i requisiti aggiuntivi necessari.

La presente norma europea specifica i requisiti, che sono per lo più indipendenti dal tipo e dalla forma della struttura di acciaio (per esempio, edifici, ponti, componenti placcati o tralicci), comprese le strutture soggette a fatica o ad azioni sismiche. Alcuni requisiti sono differenziati in termini di classi di esecuzione.

La presente norma europea si applica alle strutture progettate secondo la parte pertinente della serie EN 1993. Le palancole, i pali mobili e i micropali progettati secondo la norma EN 1993-5 sono destinati a essere eseguiti in conformità alla EN 12063, EN 12699 e alla EN 14199 rispettivamente. La presente norma europea si applica esclusivamente all'esecuzione di traverse, controventi e collegamenti.

La presente norma europea si applica ai componenti di acciaio delle strutture composte di acciaio e di calcestruzzo progettate secondo la parte pertinente della serie EN 1994.

La presente norma europea può essere utilizzata per strutture progettate secondo altre regole di progettazione, a condizione che le condizioni di esecuzione siano conformi ad esse e che siano specificati i requisiti aggiuntivi necessari.

Questa norma europea include i requisiti per la saldatura degli acciai di armatura su acciai per impieghi strutturali. La presente norma europea non comprende i requisiti per l'utilizzo degli acciai di armatura per applicazioni su calcestruzzo armato.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Nel testo si fa riferimento ai seguenti documenti in modo tale che il loro contenuto, in tutto o in parte, costituisca un requisito indispensabile per l'applicazione del presente documento. Per i riferimenti datati, si applica esclusivamente l'edizione citata. Per i riferimenti non datati si applica l'ultima edizione del documento cui si fa riferimento (compresi gli aggiornamenti).

2.1 Prodotti costituenti

2.1.1 Acciai

EN 10017	Steel rod for drawing and/or cold rolling - Dimensions and tolerances
EN 10021	General technical delivery conditions for steel products
EN 10024	Hot rolled taper flange I sections - Tolerances on shape and dimensions
EN 10025-1	Hot rolled products of structural steels - Part 1: General technical delivery conditions
EN 10025-2	Hot rolled products of structural steels - Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels
EN 10025-3	Hot rolled products of structural steels - Part 3: Technical delivery conditions for normalized/normalized rolled weldable fine grain structural steels
EN 10025-4	Hot rolled products of structural steels - Part 4: Technical delivery conditions for thermomechanical rolled weldable fine grain structural steels
EN 10025-5	Hot rolled products of structural steels - Part 5: Technical delivery conditions for structural steels with improved atmospheric corrosion resistance
EN 10025-6	Hot rolled products of structural steels - Part 6: Technical delivery conditions for flat products of high yield strength structural steels in the quenched and tempered condition
EN 10029	Hot-rolled steel plates 3 mm thick or above - Tolerances on dimensions and shape
EN 10034	Structural steel I and H sections - Tolerances on shape and dimensions
EN 10048	Hot rolled narrow steel strip - Tolerances on dimensions and shape
EN 10051	Continuously hot-rolled strip and plate/sheet cut from wide strip of non-alloy and alloy steels - Tolerances on dimensions and shape
EN 10055	Hot rolled steel equal flange tees with radiused root and toes - Dimensions and tolerances on shape and dimensions
EN 10056-1	Structural steel equal and unequal leg angles - Part 1: Dimensions
EN 10056-2	Structural steel equal and unequal leg angles - Part 2: Tolerances on shape and dimensions
EN 10058	Hot rolled flat steel bars for general purposes - Dimensions and tolerances on shape and dimensions
EN 10059	Hot rolled square steel bars for general purposes - Dimensions and tolerances on shape and dimensions
EN 10060	Hot rolled round steel bars for general purposes - Dimensions and tolerances on shape and dimensions
EN 10061	Hot rolled hexagon steel bars for general purposes - Dimensions and tolerances on shape and dimensions
EN 10080	Steel for the reinforcement of concrete - Weldable reinforcing steel - General

EN 10088-1	Stainless steels - Part 1: List of stainless steels
EN 10088-4:2009	Stainless steels - Part 4: Technical delivery conditions for sheet/plate and strip of corrosion resisting steels for construction purposes
EN 10088-5:2009	Stainless steels - Part 5: Technical delivery conditions for bars, rods, wire, sections and bright products of corrosion resisting steels for construction purposes
EN 10131	Cold rolled uncoated and zinc or zinc-nickel electrolytically coated low carbon and high yield strength steel flat products for cold forming - Tolerances on dimensions and shape
EN 10139	Cold rolled uncoated low carbon steel narrow strip for cold forming - Technical delivery conditions
EN 10140	Cold rolled narrow steel strip - Tolerances on dimensions and shape
EN 10143	Continuously hot-dip coated steel sheet and strip - Tolerances on dimensions and shape
EN 10149 (tutte le parti)	Hot rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming
EN 10163 (tutte le parti)	Delivery requirements for surface condition of hot-rolled steel plates, wide flats and sections
EN 10164	Steel products with improved deformation properties perpendicular to the surface of the product - Technical delivery conditions
EN 10169	Continuously organic coated (coil coated) steel flat products - Technical delivery conditions
EN 10204	Metallic products - Types of inspection documents
EN 10210-1	Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 1: Technical delivery conditions
EN 10210-2	Hot finished structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties
EN 10219-1	Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 1: Technical delivery conditions
EN 10219-2	Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 2: Tolerances, dimensions and sectional properties
EN 10268	Cold rolled steel flat products with high yield strength for cold forming - Technical delivery conditions
EN 10279	Hot rolled steel channels - Tolerances on shape, dimensions and mass
EN 10296-2:2005	Welded circular steel tubes for mechanical and general engineering purposes - Technical delivery conditions - Part 2: Stainless steel
EN 10297-2:2005	Seamless circular steel tubes for mechanical and general engineering purposes - Technical delivery conditions - Part 2: Stainless steel
EN 10346	Continuously hot-dip coated steel flat products for cold forming - Technical delivery conditions
EN 10365	Hot rolled steel channels, I and H sections - Dimensions and masses
EN ISO 1127	Stainless steel tubes - Dimensions, tolerances and conventional masses per unit length (ISO 1127)
EN ISO 9444-2	Continuously hot-rolled stainless steel - Tolerances on dimensions and form - Part 2: Wide strip and sheet/plate (ISO 9444-2)

EN ISO 9445 (tutte le parti)	Continuously cold-rolled stainless steel - Tolerances on dimensions and form - Part 1: Narrow strip and cut lengths (ISO 9445 series)
EN ISO 18286	Hot-rolled stainless steel plates - Tolerances on dimensions and shape (ISO 18286)
ISO 4997	Cold-reduced carbon steel sheet of structural quality

2.1.2 Getti di acciaio

EN 1559-1	Founding - Technical conditions of delivery - Part 1: General
EN 1559-2	Founding - Technical conditions of delivery - Part 2: Additional requirements for steel castings
EN 10340	Steel castings for structural uses

2.1.3 Materiali di apporto per saldatura

EN ISO 636	Welding consumables - Rods, wires and deposits for tungsten inert gas welding of non-alloy and fine-grain steels - Classification (ISO 636)
EN ISO 2560	Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of non-alloy and fine grain steels - Classification (ISO 2560)
EN ISO 3581	Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of stainless and heat-resisting steels - Classification (ISO 3581)
EN ISO 13918	Welding - Studs and ceramic ferrules for arc stud welding (ISO 13918)
EN ISO 14171	Welding consumables - Solid wire electrodes, tubular cored electrodes and electrode/flux combinations for submerged arc welding of non alloy and fine grain steels - Classification (ISO 14171)
EN ISO 14174	Welding consumables - Fluxes for submerged arc welding and electroslag welding - Classification (ISO 14174)
EN ISO 14175	Welding consumables - Gases and gas mixtures for fusion welding and allied processes (ISO 14175)
EN ISO 14341	Welding consumables - Wire electrodes and weld deposits for gas shielded metal arc welding of non alloy and fine grain steels - Classification (ISO 14341)
EN ISO 14343	Welding consumables - Wire electrodes, strip electrodes, wires and rods for arc welding of stainless and heat resisting steels - Classification (ISO 14343)
EN ISO 16834	Welding consumables - Wire electrodes, wires, rods and deposits for gas shielded arc welding of high strength steels - Classification (ISO 16834)
EN ISO 17632	Welding consumables - Tubular cored electrodes for gas shielded and non-gas shielded metal arc welding of non-alloy and fine grain steels - Classification (ISO 17632)
EN ISO 17633	Welding consumables - Tubular cored electrodes and rods for gas shielded and non-gas shielded metal arc welding of stainless and heat-resisting steels - Classification (ISO 17633)
EN ISO 18275	Welding consumables - Covered electrodes for manual metal arc welding of high-strength steels - Classification (ISO 18275)
EN ISO 18276	Welding consumables - Tubular cored electrodes for gas-shielded and non-gas-shielded metal arc welding of high strength steels - Classification (ISO 18276)
EN ISO 26304	Welding consumables - Solid wire electrodes, tubular cored electrodes and electrode-flux combinations for submerged arc welding of high strength steels - Classification (ISO 26304)

2.1.4 Elementi di collegamento meccanici

EN 14399 (tutte le parti)	High-strength structural bolting assemblies for
EN 15048 (tutte le parti)	Non-preloaded structural bolting assemblies
EN ISO 898-1	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel - Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes - Coarse thread and fine pitch thread (ISO 898-1)
EN ISO 898-2	Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel - Part 2: Nuts with specified property classes - Coarse thread and fine pitch thread (ISO 898-2)
EN ISO 3506-1	Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners - Part 1: Bolts, screws and studs (ISO 3506-1)
EN ISO 3506-2	Mechanical properties of corrosion-resistant stainless steel fasteners - Part 2: Nuts (ISO 3506-2)
EN ISO 4042	Fasteners - Electroplated coatings (ISO 4042)
EN ISO 6789 (tutte le parti)	Assembly tools for screws and nuts - Hand torque tools (ISO 6789)
EN ISO 7089	Plain washers - Normal series - Product grade A (ISO 7089)
EN ISO 7090	Plain washers, chamfered - Normal series - Product grade A (ISO 7090)
EN ISO 7091	Plain washers - Normal series - Product grade C (ISO 7091)
EN ISO 7092	Plain washers - Small series - Product grade A (ISO 7092)
EN ISO 7093-1	Plain washers - Large series - Part 1: Product grade A (ISO 7093-1)
EN ISO 7094	Plain washers - Extra large series - Product grade C (ISO 7094)
EN ISO 10684	Fasteners - Hot dip galvanized coatings (ISO 10684)
EN ISO 21670	Fasteners - Hexagon weld nuts with flange (ISO 21670)

2.1.5 Cavi ad alta resistenza

prEN 10138-3	Prestressing steels - Part 3: Strand
EN 10244-2	Steel wire and wire products - Non-ferrous metallic coatings on steel wire - Part 2: Zinc or zinc alloy coatings
EN 10264-3	Steel wire and wire products - Steel wire for ropes - Part 3: Round and shaped non alloyed steel wire for high duty applications
EN 10264-4	Steel wire and wire products - Steel wire for ropes - Part 4: Stainless steel wire
EN 12385-1	Steel wire ropes - Safety - Part 1: General requirements
EN 12385-10	Steel wire ropes - Safety - Part 10: Spiral ropes for general structural applications
EN 13411-4	Terminations for steel wire ropes - Safety - Part 4: Metal and resin socketing

2.1.6 Appoggi strutturali

EN 1337-2	Structural bearings - Part 2: Sliding elements
EN 1337-3	Structural bearings - Part 3: Elastomeric bearings
EN 1337-4	Structural bearings - Part 4: Roller bearings
EN 1337-5	Structural bearings - Part 5: Pot bearings
EN 1337-6	Structural bearings - Part 6: Rocker bearings
EN 1337-7	Structural bearings - Part 7: Spherical and cylindrical PTFE bearings
EN 1337-8	Structural bearings - Part 8: Guide Bearings and Restraint Bearings

2.2 Preparazione

EN ISO 286-2	Geometrical product specifications (GPS) - ISO code system for tolerances on linear sizes - Part 2: Tables of standard tolerance classes and limit deviations for holes and shafts (ISO 286-2)
EN ISO 9013	Thermal cutting - Classification of thermal cuts - Geometrical product specification and quality tolerances (ISO 9013)
CEN/TR 10347	Guidance for forming of structural steels in processing

2.3 Saldatura

EN 1011-1	Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 1: General guidance for arc welding
EN 1011-2	Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 2: Arc welding of ferritic steels
EN 1011-3	Welding - Recommendations for welding of metallic materials - Part 3: Arc welding of stainless steels
EN ISO 3834 (tutte le parti)	Quality requirements for fusion welding of metallic materials (ISO 3834)
EN ISO 4063	Welding and allied processes - Nomenclature of processes and reference numbers (ISO 4063)
EN ISO 5817:2014	Welding - Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) - Quality levels for imperfections (ISO 5817:2014)
EN ISO 9606-1:2017	Qualification testing of welders - Fusion welding - Part 1: Steels (ISO 9606-1:2017)
EN ISO 9692-1	Welding and allied processes - Types of joint preparation - Part 1: Manual metal arc welding, gas-shielded metal arc welding, gas welding, TIG welding and beam welding of steels (ISO 9692-1)
EN ISO 9692-2	Welding and allied processes - Joint preparation - Part 2: Submerged arc welding of steels (ISO 9692-2)
EN ISO 11970	Specification and qualification of welding procedures for production welding of steel castings (ISO 11970)
EN ISO 13916	Welding - Guidance on the measurement of preheating temperature, interpass temperature and preheat maintenance temperature (ISO 13916)
EN ISO 14554 (tutte le parti)	Quality requirements for welding - Resistance welding of metallic materials (ISO 14554 series)
EN ISO 14555	Welding - Arc stud welding of metallic materials (ISO 14555)
EN ISO 14731	Welding coordination - Tasks and responsibilities (ISO 14731)
EN ISO 14732	Welding personnel - Qualification testing of welding operators and weld setters for mechanized and automatic welding of metallic materials (ISO 14732)
EN ISO 15607	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - General rules (ISO 15607)
CEN ISO/TR 15608	Welding - Guidelines for a metallic material grouping system
EN ISO 15609 (tutte le parti)	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure specification (ISO 15609)
EN ISO 15610	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on tested welding consumables (ISO 15610)
EN ISO 15611	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on previous welding experience (ISO 15611)

EN ISO 15612	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification by adoption of a standard welding procedure (ISO 15612)
EN ISO 15613	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Qualification based on pre-production welding test (ISO 15613)
EN ISO 15614-1	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 1: Arc and gas welding of steels and arc welding of nickel and nickel alloys (ISO 15614-1)
EN ISO 15614-11	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 11: Electron and laser beam welding (ISO 15614-11)
EN ISO 15614-12	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 12: Spot, seam and projection welding (ISO 15614-12)
EN ISO 15614-13	Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test - Part 13: Upset (resistance butt) and flash welding (ISO 15614-13)
EN ISO 15620	Welding - Friction welding of metallic materials (ISO 15620)
EN ISO 17652-1	Welding - Test for shop primers in relation to welding and allied processes - Part 1: General requirements (ISO 17652-1)
EN ISO 17652-2	Welding - Test for shop primers in relation to welding and allied processes - Part 2: Welding properties of shop primers (ISO 17652-2)
EN ISO 17652-3	Welding - Test for shop primers in relation to welding and allied processes - Part 3: Thermal cutting (ISO 17652-3)
EN ISO 17652-4	Welding - Test for shop primers in relation to welding and allied processes - Part 4: Emission of fumes and gases (ISO 17652-4)
EN ISO 17660 (tutte le parti)	Welding - Welding of reinforcing steel (ISO 17660 series)

2.4 Prove

EN 10160	Ultrasonic testing of steel flat product of thickness equal or greater than 6 mm (reflection method)
EN ISO 3452-1	Non-destructive testing - Penetrant testing - Part 1: General principles (ISO 3452-1)
EN ISO 6507 (tutte le parti)	Metallic materials - Vickers hardness test - Part 1: Test method (ISO 6507 series)
EN ISO 9018	Destructive tests on welds in metallic materials - Tensile test on cruciform and lapped joints (ISO 9018)
EN ISO 9712	Non-destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel (ISO 9712)
EN ISO 17635	Non-destructive testing of welds - General rules for metallic materials (ISO 17635)
EN ISO 17636 (tutte le parti)	Non-destructive testing of welds - Radiographic testing (ISO 17636 series)
EN ISO 17637	Non-destructive testing of welds - Visual testing of fusion-welded joints (ISO 17637)
EN ISO 17638	Non-destructive testing of welds - Magnetic particle testing (ISO 17638)
EN ISO 17640	Non-destructive testing of welds - Ultrasonic testing - Techniques, testing levels and assessment (ISO 17640)
EN ISO 23279	Non-destructive testing of welds - Ultrasonic testing - Characterization of indications in welds (ISO 23279)

2.5 Costruzione

EN 1337-11	Structural bearings - Part 11: Transport, storage and installation
ISO 4463 (tutte le parti)	Measurement methods for building - Setting-out and measurement

2.6 Protezione contro la corrosione

EN ISO 1461	Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods (ISO 1461)
EN ISO 2063 (tutte le parti)	Thermal spraying - Metallic and other inorganic coatings - Zinc, aluminium and their alloys (ISO 2063 series)
EN ISO 2808	Paints and varnishes - Determination of film thickness (ISO 2808)
EN ISO 8501 (tutte le parti)	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness (ISO 8501)
EN ISO 8502 (tutte le parti)	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Tests for the assessment of surface (ISO 8502)
EN ISO 8503 (tutte le parti)	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates (ISO 8503)
EN ISO 8504 (tutte le parti)	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Surface preparation methods (ISO 8504)
EN ISO 12670	Thermal spraying - Components with thermally sprayed coatings - Technical supply conditions (ISO 12670)
EN ISO 12679	Thermal spraying - Recommendations for thermal spraying (ISO 12679)
EN ISO 12944 (tutte le parti)	Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems (ISO 12944-1 series)
EN ISO 14713-1:2017	Zinc coatings - Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures - Part 1: General principles of design and corrosion resistance (ISO 14713-1)
EN ISO 14713-2	Zinc coatings - Guidelines and recommendations for the protection against corrosion of iron and steel in structures - Part 2: Hot dip galvanizing (ISO 14713-2)
ISO 19840	Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces

2.7 Varie

EN 1090-4	Execution of steel structures and aluminium structures - Part 4: Technical requirements for cold-formed structural steel elements and cold-formed structures for roof, ceiling, floor and wall applications
EN 1993-1-6	Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-6: Strength and Stability of Shell Structures
EN 1993-1-8	Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints
EN 1993-1-9:2005	Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-9: Fatigue
EN 1993-2:2006	Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 2: Steel Bridges
EN 13670	Execution of concrete structures
ISO 2859-5	Sampling procedures for inspection by attributes - Part 5: System of sequential sampling plans indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini del presente documento, si applicano i termini e le definizioni seguenti.

Per l'utilizzo in ambito normativo, l'ISO e l'IEC dispongono di banche dati terminologiche ai seguenti indirizzi:

- IEC Electropedia: disponibile all'indirizzo http://www.electropedia.org/
- ISO Online browsing platform: disponibile all'indirizzo http://www.iso.org/obp

3.1 **opere di costruzione**: Qualsiasi opera costruita o che risulti da operazioni di costruzione.

Nota 1 Questo termine contempla sia edifici sia opere di ingegneria civile. Si riferisce alla costruzione completa comprendente componenti sia strutturali sia non strutturali.

3.2 **opera**: Parti di opere di costruzione che sono costituite da carpenteria di acciaio per impieghi strutturali.

3.3 **carpenteria di acciaio per impieghi strutturali**: Strutture di acciaio o componenti di acciaio prefabbricati utilizzati nelle opere di costruzione.

3.4 **costruttore**: La persona o l'organizzazione che esegue l'opera.

3.5 **struttura**: Combinazione organizzata di parti collegate progettata per sostenere carichi e fornire un'adeguata rigidità.

[FONTE: EN 1990:2002, punto 1.5.1.6]

3.6 **fabbricazione**: Attività richiesta per produrre e fornire un componente.

Nota 1 A seconda dei casi ciò comprende, per esempio, l'approvvigionamento, la preparazione e il montaggio, la saldatura, gli elementi di collegamento meccanici, il trasporto, il trattamento della superficie, l'ispezione e la documentazione.

3.7 **esecuzione**: Attività svolta per il completamento fisico dell'opera.

Nota 1 Per esempio fabbricazione, costruzione, ispezione e documentazione dell'opera.

3.7.1 **specifica di esecuzione**: Una serie di documenti relativi ai dati tecnici e ai requisiti per una particolare struttura di acciaio, compresi quelli specificati per integrare e qualificare le regole della presente norma europea.

Nota 1 La specifica di esecuzione comprende requisiti per cui la presente norma europea identifica elementi da specificare fornendo informazioni aggiuntive o adottando opzioni ammesse (vedere appendice A).

3.7.2 **classe di esecuzione**: Serie classificata di requisiti specificati per l'esecuzione di opere nel loro insieme o come singolo componente o come particolare di un componente.

3.8 **prodotto costituente**: Materiale e prodotto utilizzati per la fabbricazione di un componente e che ne restano parte integrante, per esempio prodotti di acciaio per impieghi strutturali, prodotti di acciaio inossidabile, elementi di collegamento meccanici, materiali di apporto per saldatura.

3.9 **componente**: Parte di una struttura di acciaio, che a sua volta può essere costituita da un insieme di più componenti di dimensioni più piccole.

3.9.1 **componente formato a freddo**: Prodotti lunghi formati a freddo o lamiere profilate aventi varie forme di sezione trasversale, aperte o a spigoli vivi, costanti sulla loro lunghezza, realizzati con prodotti piatti laminati a caldo o a freddo, rivestiti o non rivestiti, il cui spessore può essere solo leggermente modificato dal processo di formatura a freddo (per esempio profilatura, trafilatura, forgiatura, flangiatura, ecc.).

[FONTE: EN 10079:2007, punto 3.4.9]

3.10 **preparazione**: Attività eseguita sui prodotti di acciaio costituenti per produrre le parti pronte per l'assemblaggio e l'inclusione nei componenti.

Nota 1 Se pertinente ciò comprende, per esempio, l'identificazione, la manipolazione e l'immagazzinamento, il taglio, la sagomatura e la perforazione.

3.11 **metodo di costruzione basato sulla progettazione**: Schema di un metodo di costruzione su cui si basa la progettazione della struttura.

3.11.1 **dichiarazione del metodo di costruzione**: Documentazione che descrive le procedure da utilizzare per la costruzione di una struttura.

3.12 **ispezione e piano di prova; ITP**: Piano che comprenda l'ispezione e/o la prova dei documenti e/o dei materiali e/o della lavorazione.

3.13 **non conformità**: Mancata soddisfazione di un requisito.

[FONTE: EN ISO 9000:2015, 3.6.9, modificato]

3.14 **PND supplementari; prove non distruttive supplementari**: Tecnica PND che è complementare all'esame visivo (VT), per esempio controllo con particelle magnetiche (MT), esame con liquidi penetranti (PT), esame a corrente indotta (ET), controllo mediante ultrasuoni (UT) o controllo radiografico (RT).

3.15 **tolleranza**: Differenza tra il limite superiore di dimensioni e il limite inferiore di dimensioni.

Nota 1 La tolleranza è un valore assoluto senza segno.

[FONTE: ISO 1803:1997, 3.11, note 2 e 3 eliminate]

3.15.1 **tolleranza essenziale**: Limite di base per una tolleranza geometrica necessario per soddisfare i presupposti di progettazione delle strutture in termini di resistenza meccanica e stabilità.

3.15.2 **tolleranza funzionale**: La tolleranza geometrica, che potrebbe essere richiesta per rispettare una funzione diversa dalla resistenza meccanica e dalla stabilità, per esempio l'aspetto o la posa in opera.

3.15.3 **tolleranza particolare**: Tolleranza geometrica che non è contemplata dai tipi riportati nel prospetto o dai valori di tolleranza indicati nella presente norma europea e che deve essere specificata in un caso particolare.

3.15.4 **tolleranza di fabbricazione**: Intervallo dimensionale consentito di una dimensione di un componente risultante dalla fabbricazione del componente stesso.

4 SPECIFICHE E DOCUMENTAZIONE

4.1 Specifica di esecuzione

4.1.1 Generalità

Le informazioni e i requisiti tecnici necessari per l'esecuzione di ciascuna parte dell'opera devono essere concordati e completati prima dell'inizio dell'esecuzione di quella parte dell'opera. Devono essere previste procedure per apportare modifiche alla specifica di esecuzione precedentemente concordata. La specifica di esecuzione deve tenere conto, se pertinenti, dei seguenti elementi:

a) informazioni aggiuntive, come elencate nel punto A.1;

b) opzioni, come elencate nel punto A.2;

c) classi di esecuzione, vedere punto 4.1.2;

d) gradi di preparazione, vedere punto 4.1.3;

e) classi di tolleranza, vedere punto 4.1.4;

f) requisiti tecnici relativi alla sicurezza dell'opera, vedere punto 4.2.3.

4.1.2 Classi di esecuzione

Sono indicate quattro classi di esecuzione da 1 a 4, denominate da EXC1 a EXC4, per le quali il rigore del requisito aumenta da EXC1 a EXC3, mentre EXC4 si basa su EXC3 con ulteriori requisiti specifici per il progetto (vedere per esempio punti 7.6.1, 12.4.2.3 e 12.4.2.4).

La specifica di esecuzione deve definire la classe o le classi di esecuzione pertinenti.

Nota I requisiti per la base di selezione delle classi di esecuzione sono indicati nell'appendice C della EN 1993-1-1:2005/A1:2014.

L'elenco dei requisiti correlati alle classi di esecuzione sono indicati nel punto A.3.

4.1.3 Requisiti per la preparazione della superficie per la protezione contro la corrosione

Per quanto riguarda la preparazione di saldature, bordi e altre aree con imperfezioni superficiali per l'applicazione di vernici e prodotti correlati, sono indicati tre gradi di preparazione, indicati da P1 a P3 secondo la EN ISO 8501-3, per i quali il rigore del requisito aumenta da P1 a P3.

Nota I gradi di preparazione classificano le imperfezioni visibili idonee all'applicazione di vernici e prodotti correlati.

La specifica di esecuzione deve definire, se appropriato, i gradi di preparazione pertinenti.

I gradi di preparazione si possono applicare all'intera struttura o a una sua parte o a particolari specifici. Una struttura può comprendere diversi gradi di preparazione. A un particolare o a un gruppo di particolari generalmente è attribuito un grado di preparazione.

4.1.4 Tolleranze geometriche

Nel punto 11.1 e nell'appendice B sono definiti due tipi di tolleranze geometriche:

a) tolleranze essenziali;
b) tolleranze funzionali, con due classi per le quali il rigore del requisito aumenta dalla classe 1 alla classe 2.

4.2 Documentazione del costruttore

4.2.1 Documentazione sulla qualità

I seguenti punti devono essere documentati per EXC2, EXC3 ed EXC4:

a) l'organigramma e il personale dirigente responsabile di ciascun aspetto dell'esecuzione;
b) le procedure, i metodi e le istruzioni di lavoro da applicare;
c) un piano di ispezione e di prova specifico per l'opera;
d) una procedura per la gestione dei cambiamenti e delle modifiche;
e) una procedura per la gestione delle non conformità;
f) punti di attesa specificati o requisito di assistere a ispezioni o prove e ogni eventuale conseguente requisito di accesso.

4.2.2 Piano della qualità

Deve essere specificato se è richiesto un piano della qualità per l'esecuzione dell'opera.

Un piano della qualità deve comprendere:

a) un documento di gestione generale che deve affrontare i punti seguenti:
    1) revisione dei requisiti di specifica in funzione delle capacità di processo;
    2) assegnazione dei compiti e dell'autorità durante le varie fasi del progetto;
    3) principi e disposizioni organizzative per l'ispezione, comprensive dell'assegnazione delle responsabilità per ciascun compito di ispezione;
b) documentazione sulla qualità prima dell'esecuzione. I documenti devono essere prodotti prima dell'esecuzione della fase di costruzione alla quale si riferiscono;

c) registrazioni di esecuzione, che sono registrazioni effettive delle ispezioni e dei controlli effettuati o che dimostrano la qualificazione o la certificazione delle risorse impegnate.

L'appendice C contiene una lista di controllo del contenuto di un piano della qualità raccomandato per l'esecuzione di carpenteria di acciaio per impieghi strutturali.

4.2.3 Sicurezza dell'opera di costruzione

Le dichiarazioni del metodo forniscono istruzioni particolareggiate per il lavoro che devono essere conformi ai requisiti tecnici correlati alla sicurezza dell'opera di costruzione come indicato nei punti 9.2 e 9.3.

4.2.4 Documentazione di esecuzione

Durante l'esecuzione e come registrazione della struttura come realizzata deve essere elaborata una documentazione sufficiente a dimostrare che l'opera è stata eseguita secondo la specifica di esecuzione.

5 PRODOTTI COSTITUENTI

5.1 Generalità

Generalmente, i prodotti costituenti da utilizzare per l'esecuzione di strutture di acciaio devono essere selezionati tra le pertinenti norme europee elencate nei punti seguenti.

Se devono essere utilizzati prodotti costituenti che non sono trattati dalle norme elencate, devono essere specificate le loro caratteristiche. Le caratteristiche pertinenti da specificare devono essere come segue:

a) resistenza (a snervamento e a trazione);

b) allungamento;

c) riduzione della sollecitazione dei requisiti di area (STRA), se richiesta;

d) tolleranze su dimensioni e forma;

e) resistenza agli urti o tenacità, se richiesta;

f) condizioni di fornitura del trattamento termico;

g) requisiti per spessore passante (qualità Z), se richiesto;

h) *limiti alle discontinuità interne o alle cricche nelle zone da saldare, se richiesto.*

Inoltre, se l'acciaio deve essere saldato, la sua saldabilità deve essere dichiarata come segue:

i) classificazione in conformità al sistema di raggruppamento dei materiali definito nel CEN ISO/TR 15608 oppure;

j) un limite massimo per il carbonio equivalente dell'acciaio, oppure;

k) una dichiarazione della sua composizione chimica a un livello di dettaglio sufficiente a consentire il calcolo del carbonio equivalente.

Le definizioni e i requisiti della norma EN 10021 devono essere applicati congiuntamente a quelli della norma di prodotto europea pertinente.

5.2 Identificazione, documenti di ispezione e rintracciabilità

Le caratteristiche dei prodotti costituenti forniti devono essere documentate in modo da poter essere confrontate alle caratteristiche specificate. La loro conformità alla norma di prodotto pertinente deve essere controllata in conformità al punto 12.2.

Per i prodotti metallici, i documenti di ispezione secondo la norma EN 10204 devono essere elencati nel prospetto 1. I documenti di ispezione di tipo 3.2 sono idonei anche se nel prospetto 1 sono indicati i documenti di tipo 3.1.

Per gli assiemi di bulloneria strutturale e altri elementi di collegamento è possibile utilizzare documenti di ispezione conformi alla serie EN ISO 16228 invece di documenti secondo la EN 10204.

prospetto 1 **Documenti di ispezione di prodotti metallici**

Prodotto costituente	Documenti di ispezione
Acciai per impieghi strutturali (prospetti 2 e 3) Acciaio per impieghi strutturali tipo ≤ S275 Acciaio per impieghi strutturali tipo > S275	 2.2 [a),b)] 3.1[b)]
Acciai inossidabili (prospetto 4) Resistenza allo snervamento alla trazione minima dello 0,2% ≤ 240 MPa Resistenza allo snervamento alla trazione minima dello 0,2% > 240 MPa	 2.2 3.1
Getti di acciaio	3.1 [c)]
Materiali di apporto per saldatura (prospetto 5)	2.2
Assiemi di bulloneria strutturale nella serie EN 14399 Assiemi di bulloneria strutturale nella serie EN 15048	3.1 [d),e)] 2.1
Viti [f)], dadi [f)], o rondelle [f)]	2.1
Rivetti solidi per la rivettatura a caldo	2.1
Viti autofilettanti e autoperforanti e rivetti ciechi	2.1
Prigionieri per la saldatura di prigionieri ad arco	3.1
Giunti di espansione per ponti	3.1
Cavi ad alta resistenza	3.1
Appoggi strutturali	3.1

a) Documento di ispezione 3.1 se è specificato un limite minimo di snervamento di 275 MPa e il materiale è sottoposto a prova all'energia d'urto specificata a una temperatura minore di 0 °C.
b) La EN 10025–1:2004 richiede che gli elementi compresi nella formula CEV debbano essere riportati nel documento di ispezione. La segnalazione di altri elementi aggiuntivi richiesti dalla EN 10025-2 deve comprendere Al, Nb e Ti.
c) Documento di ispezione 2.2 se il limite minimo di snervamento è specificato ≤ 355 MPa e il materiale è sottoposto a prova all'energia d'urto specificata a una temperatura minore di 20 °C.
d) Se gli assiemi sono contrassegnati da un numero di lotto di fabbricazione e il fabbricante è in grado di rintracciare i valori caratteristici misurati dai registri interni (di fabbrica) di controllo della produzione sulla base di tale numero, può essere omesso il certificato di ispezione 3.1 di cui alla EN 10204.
e) I documenti di ispezione devono comprendere i risultati delle prove di idoneità.
f) Applicabile se viti, dadi o rondelle sono forniti per l'utilizzo in applicazioni non precaricate e non come componenti di un assieme di elementi di collegamento secondo la serie EN 14399 o la serie EN 15048.

Per gli EXC3 ed EXC4, la tracciabilità dei prodotti costituenti deve essere garantita in ogni fase, dal ricevimento alla consegna conseguente all'incorporazione nell'opera.

Tale rintracciabilità può basarsi sui registri relativi ai lotti di prodotti assegnati a un processo di produzione comune, a meno che non sia specificata la rintracciabilità per ogni singolo prodotto costituente.

Per gli EXC2, EXC3 ed EXC4, se sono in circolazione contemporaneamente più tipi e/o qualità di prodotti costituenti, ogni singolo prodotto costituente deve essere contrassegnato da un marchio che ne identifica il tipo e la qualità.

I metodi di marcatura devono essere in conformità a quelli previsti per i componenti indicati nel punto 6.2.

Se è richiesta la marcatura, i prodotti costituenti non marcati devono essere trattati come prodotti non conformi.

5.3 Prodotti di acciaio per impieghi strutturali

5.3.1 Generalità

Se non diversamente specificato, i prodotti di acciaio per impieghi strutturali devono essere conformi ai requisiti delle norme di prodotto europee pertinenti elencate nei prospetti 2, 3 e 4. I tipi, le qualità e, se appropriato, i pesi e le finiture del rivestimento devono essere specificati insieme a tutte le opzioni richieste ammesse dalla norma di prodotto, comprese quelle relative all'idoneità per la zincatura per immersione a caldo, se pertinente.

I prodotti di acciaio da utilizzare nella fabbricazione dei componenti formati a freddo devono avere caratteristiche conformi all'idoneità richiesta per il processo di formatura a freddo. Gli acciai al carbonio adatti alla formatura a freddo sono elencati nel prospetto 3.

prospetto 2 **Norme di prodotto per acciai al carbonio per impieghi strutturali**

<table>
<tr><th>Prodotti</th><th>Requisiti tecnici di fornitura</th><th>Dimensioni</th><th>Tolleranze</th></tr>
<tr><td>Sezioni a I e ad H</td><td rowspan="7">EN 10025-1
e
EN 10025-2
EN 10025-3
EN 10025-4
EN 10025-5
EN 10025-6
come pertinente</td><td>EN 10365</td><td>EN 10034</td></tr>
<tr><td>Sezioni a I ad ali inclinate laminate a caldo</td><td>EN 10365</td><td>EN 10024</td></tr>
<tr><td>Canali</td><td>EN 10365</td><td>EN 10279</td></tr>
<tr><td>Angoli ad ali uguali e diseguali</td><td>EN 10056-1</td><td>EN 10056-2</td></tr>
<tr><td>Sezioni a T</td><td>EN 10055</td><td>EN 10055</td></tr>
<tr><td>Lamiere, piatti e larghi piatti</td><td>Non applicabile</td><td>EN 10029
EN 10051</td></tr>
<tr><td>Barre e vergelle</td><td>EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061</td><td>EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061</td></tr>
<tr><td>Sezioni cave finite a caldo</td><td>EN 10210-1</td><td>EN 10210-2</td><td>EN 10210-2</td></tr>
<tr><td>Sezioni cave formate a freddo</td><td>EN 10219-1</td><td>EN 10219-2</td><td>EN 10219-2</td></tr>
<tr><td colspan="4">Nota La norma EN 10020 fornisce definizioni e classificazioni dei tipi di acciaio. Le designazioni degli acciai per nome e per numero sono indicate rispettivamente nella EN 10027-1 e nella EN 10027-2.</td></tr>
</table>

prospetto 3 **Norme di prodotto per lamiere e nastri adatti alla formatura a freddo**

Prodotti	Requisiti tecnici di fornitura	Tolleranze
Acciai per impieghi strutturali non legati	EN 10025-2	EN 10051
Acciai per impieghi strutturali a grano fine saldabili	EN 10025-3, EN 10025-4	EN 10051
Acciai ad alto limite di snervamento per formatura a freddo	Serie EN 10149, EN 10268	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN 10131, EN 10140
Acciai laminati a freddo	ISO 4997	EN 10131
Acciai zincati per immersione a caldo rivestiti in continuo	EN 10346	EN 10143
Prodotti piani di acciaio rivestiti in continuo con materiale organico	EN 10169	EN 10169
Nastri stretti	EN 10139	EN 10048 EN 10140

prospetto 4 **Norme di prodotto per gli acciai inossidabili**

<table>
<tr><th>Prodotti</th><th>Requisiti tecnici di fornitura</th><th>Tolleranze</th></tr>
<tr><td>Fogli, lamiere e nastri</td><td>EN 10088-4</td><td>EN ISO 9444-2, EN ISO 9445 (tutte le parti), EN ISO 18286</td></tr>
<tr><td>Tubi (saldati)</td><td>EN 10296-2</td><td rowspan="2">EN ISO 1127</td></tr>
<tr><td>Tubi (senza saldatura)</td><td>EN 10297-2</td></tr>
<tr><td>Barre, vergelle e sezioni</td><td>EN 10088-5</td><td>EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061</td></tr>
<tr><td colspan="3">Le designazioni degli acciai per nome e numero sono indicate nella EN 10088-1.</td></tr>
</table>

Per i prodotti di acciaio per impieghi strutturali diversi da quelli conformi ai requisiti delle norme di prodotto europee pertinenti elencate nei prospetti 2, 3 e 4, una dichiarazione delle caratteristiche dei prodotti di acciaio deve essere confrontata con le caratteristiche richieste indicate nella specifica di esecuzione (vedere punto 5.1).

Per quanto riguarda le caratteristiche dichiarate, deve essere fornita la base su cui si fondano le dichiarazioni.

Nota Per esempio, le norme di riferimento per i metodi di prova utilizzati per stabilire i valori delle caratteristiche dichiarate, se le caratteristiche sono specifiche di un lotto, di una colata o di un calore identificati e se le caratteristiche chimiche si basano sull'analisi di colata o di prodotto.

5.3.2 Tolleranze di spessore

Se non diversamente specificato, le tolleranze di spessore per le lamiere d'acciaio per impieghi strutturali devono essere di classe A in conformità alla norma EN 10029 per le lamiere d'acciaio laminate a caldo e alla norma EN ISO 18286 per le lamiere d'acciaio inossidabile laminate a caldo.

5.3.3 Condizioni della superficie

Per gli acciai al carbonio, i requisiti relativi alle condizioni della superficie sono i seguenti:

a) classe A1 per le lamiere e i larghi piatti, in conformità ai requisiti della EN 10163-2;

b) classe C1 per i profilati in conformità ai requisiti della EN 10163-3.

La specifica di esecuzione deve specificare se imperfezioni quali cricche, scheggiature e linee di giunzione devono essere riparate.

Per l'acciaio inossidabile, i requisiti di finitura superficiale devono essere i seguenti:

a) fogli, lamiere e nastri: in conformità ai requisiti della EN 10088-4;

b) barre, vergelle e sezioni: in conformità ai requisiti della EN 10088-5.

La specifica di esecuzione deve specificare requisiti aggiuntivi relativi ai seguenti elementi: restrizioni speciali sulle imperfezioni superficiali o riparazione dei difetti superficiali mediante rettifica in conformità alla serie EN 10163 o alle EN 10088-4 e EN 10088-5 per l'acciaio inossidabile, se richiesto.

Per gli altri prodotti, i requisiti relativi alla condizione della superficie devono essere specificati in termini di specifiche europee o internazionali appropriate.

Le condizioni della superficie dei prodotti costituenti devono essere tali da consentire il raggiungimento dei requisiti pertinenti relativi al grado di preparazione della superficie in conformità al punto 10.2.

5.3.4 Caratteristiche aggiuntive

Se non diversamente specificato, per i giunti a croce saldati che trasmettono sollecitazioni di trazione primarie attraverso lo spessore della lamiera su una fascia di larghezza quattro volte superiore allo spessore della lamiera su ciascun lato dell'attacco proposto, deve essere utilizzata la classe di qualità di discontinuità interna S1 della EN 10160.

Deve essere specificato se le aree vicine alle membrane di supporto o agli irrigidimenti dovrebbero essere controllate per verificare l'esistenza di discontinuità interne. In questo caso la classe di qualità S1 della norma EN 10160 deve essere applicata a una fascia di flangia o a una lamiera di setto di larghezza 25 volte superiore allo spessore della lamiera su ciascun lato di una membrana di supporto o di un irrigidimento, se fissato mediante saldatura.

Inoltre, se pertinenti, devono essere specificati i requisiti relativi ai seguenti elementi:

a) prove sui prodotti costituenti, diversi dagli acciai inossidabili, per individuare discontinuità o cricche interne nelle zone da saldare;

b) migliori caratteristiche di deformazione perpendicolare alla superficie dei prodotti costituenti, diversi dagli acciai inossidabili, in conformità alla EN 10164;

c) condizioni di fornitura speciali degli acciai inossidabili, per esempio numero equivalente di resistenza alla vaiolatura (PREN) o prove di corrosione accelerata. Se non diversamente specificato, il PREN deve essere indicato da (1 x %Cr + 3,3 x %Mo + 16 x %N), in cui gli elementi sono espressi in percentuale della frazione di massa;

d) condizioni di trasformazione, se i prodotti costituenti devono essere trasformati prima della consegna.

Nota Il trattamento termico, la centinatura e la piegatura sono esempi di tali processi.

5.4 Getti di acciaio

I getti di acciaio devono essere conformi ai requisiti della EN 10340. Le condizioni tecniche di fornitura (tipi, qualità e, se appropriato, condizioni della superficie) devono essere specificate insieme alle opzioni richieste ammesse dalla norma di prodotto, comprese le informazioni e le opzioni richieste dalle EN 1559-1 ed EN 1559-2. Se non diversamente specificato, le caratteristiche dei getti forniti devono essere valutate mediante prove.

Se non diversamente specificato, le prove devono comprendere:

a) esame visivo al 100%;

b) le seguenti prove distruttive su elementi prelevati a caso durante la produzione. La specifica di esecuzione deve specificare se gli elementi devono essere campioni di prodotti per prove distruttive, pezzi di estensione o elementi separati colati simultaneamente:

   1) prove di trazione e di allungamento (un'unità per fusione);

   2) prove d'urto (tre unità per fusione);

   3) prova di riduzione dell'area (un'unità per fusione, se pertinente);

   4) analisi chimica (un'unità per fusione);

   5) esame microscopico delle sezioni trasversali (un'unità per fusione).

c) le seguenti prove non distruttive su elementi prelevati a caso da ciascun lotto di fabbricazione:

   6) MT o PT delle discontinuità affioranti in superficie sul 10% di ciascun lotto di fabbricazione e;

   7) UT o RT per rilevare discontinuità sub-superficiali sul 10% di ciascun lotto di fabbricazione.

Se non diversamente specificato, i criteri di accettazione per i componenti costituiti da getti di acciaio sono i seguenti:

- SM2 e LM3/AM3 della EN 1369 per MT;
- Livello di gravità 2 secondo la EN 12680-1 per UT;
- Livello di gravità 3 per RT.

5.5 Materiali di apporto per saldatura

Tutti i materiali di apporto per saldatura devono essere conformi ai requisiti della norma di prodotto appropriata, come elencato nel prospetto 5.

prospetto 5 **Nome di prodotto per i materiali di apporto per saldatura**

Materiali di apporto per saldatura	Norme di prodotto
Gas di protezione per saldatura e taglio ad arco	EN ISO 14175
Fili elettrodi e depositi di saldatura per saldatura ad arco in gas protettivo di acciai non legati e a grano fine	EN ISO 14341
Fili elettrodi pieni, abbinamenti fili elettrodi pieni e fili elettrodi animati/flusso per saldatura ad arco sommerso di acciai non legati e a grano fino	EN ISO 14171
Elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco di acciai ad alta resistenza	EN ISO 18275
Fili animati tubolari per la saldatura ad arco, con o senza gas di protezione, di acciai non legati e a grano fine	EN ISO 17632
Flussi per saldatura ad arco sommerso	EN ISO 14174
Elettrodi rivestiti per la saldatura manuale ad arco di acciai inossidabili e resistenti ad alta temperatura	EN ISO 3581
Bacchette, fili e depositi per saldatura TIG di acciai non legati e a grano fine	EN ISO 636
Elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco di acciai non legati e a grano fine	EN ISO 2560
Fili e nastri elettrodi, fili e bacchette per la saldatura ad arco di acciai inossidabili e di acciai resistenti ad alta temperatura	EN ISO 14343
Fili elettrodi, fili, bacchette e depositi per la saldatura ad arco in gas protettivo di acciai ad alta resistenza	EN ISO 16834
Fili elettrodi pieni ed animati e combinazioni filo-flusso per la saldatura ad arco sommerso di acciai ad alta resistenza	EN ISO 26304
Fili animati tubolari e bacchette per la saldatura ad arco con o senza gas di protezione di acciai inossidabili e di acciai resistenti ad alta temperatura	EN ISO 17633
Fili elettrodi animati tubolari per la saldatura ad arco con o senza gas protettivo di acciai ad alta resistenza	EN ISO 18276

Il tipo di materiali di apporto per saldatura deve essere adatto al processo di saldatura, al materiale da saldare e alla procedura di saldatura.

Se si deve saldare l'acciaio secondo la EN 10025-5, devono essere utilizzati materiali di apporto per saldatura che garantiscano che le saldature completate abbiano una resistenza agli agenti atmosferici almeno equivalente a quella del metallo base. Se non diversamente specificato, deve essere utilizzata una delle opzioni indicate nel prospetto 6.

prospetto 6 **Materiali di apporto per saldatura da utilizzare con gli acciai secondo la EN 10025-5**

Processo	Opzione 1	Opzione 2	Opzione 3
111	Abbinamento	2,5% Ni	1% Ni 0,5% Mo
135	Abbinamento	2,5% Ni	1% Ni 0,5% Mo
121.122	Abbinamento	2% Ni	1% Ni 0,5% Mo
Abbinamento: ≥ 0,4% di Cu e altri elementi di lega			
Nota Vedere anche punto 7.5.10.			

Se non diversamente specificato, per gli acciai inossidabili devono essere utilizzati materiali di apporto per saldatura che diano depositi di saldatura di resistenza alla corrosione almeno equivalente a quella del metallo base.

5.6 Elementi di collegamento meccanici

5.6.1 Generalità

La resistenza alla corrosione degli assiemi di bulloneria, degli altri elementi di collegamento e delle rondelle di tenuta deve essere comparabile a quella specificata per i componenti fissati.

I rivestimenti zincati per immersione a caldo degli elementi di collegamento devono essere conformi alla EN ISO 10684.

I rivestimenti elettrolitici degli elementi di collegamento devono essere conformi alla EN ISO 4042.

I rivestimenti non elettrolitici di zinco lamellare degli elementi di collegamento devono essere conformi alla EN ISO 10683.

I rivestimenti protettivi dei componenti per gli elementi di collegamento meccanici devono essere conformi ai requisiti della norma di prodotto pertinente o, in mancanza di questa, alle raccomandazioni del fabbricante.

Nota Si richiama l'attenzione sul rischio di infragilimento da idrogeno durante l'elettroplaccatura o la zincatura per immersione a caldo degli assiemi di bulloneria con classe di proprietà 10.9.

5.6.2 Terminologia

Nel testo, sono utilizzati i termini seguenti:

a) “rondella” che significa: "rondella piana o smussata";

b) "assieme" che significa: "una vite con dado e rondella(e), se necessario".

5.6.3 Assiemi di bulloneria strutturale per applicazioni non precaricate

Gli assiemi di bulloneria strutturale di acciaio al carbonio, acciaio legato e acciaio inossidabile per applicazioni non precaricate devono essere conformi ai requisiti della serie EN 15048.

Gli assiemi secondo la EN 14399 possono essere utilizzati anche per applicazioni non precaricate.

Le classi di proprietà delle viti e dei dadi e, se appropriato, delle finiture superficiali devono essere specificate insieme alle opzioni richieste dalla norma di prodotto.

Devono essere specificate condizioni tecniche di fornitura per:

a) assiemi di bulloneria di acciaio al carbonio o di acciaio legato di diametro maggiore di quelli specificati nelle EN ISO 898-1 e EN ISO 898-2;

b) assiemi di bulloneria di acciaio inossidabile austenitico o austenitico-ferritico di diametro maggiore di quelli specificati nella EN ISO 3506-1 e nella EN ISO 3506-2;

c) assiemi resistenti agli agenti atmosferici (vedere punto 5.6.6).

Se non diversamente specificato, gli elementi di collegamento secondo le EN ISO 898-1 e EN ISO 898-2 non devono essere utilizzati per unire acciai inossidabili conformi alle EN 10088-4 e EN 10088-5. Se devono essere utilizzati kit di isolamento, deve esserne specificato l'utilizzo in tutti i dettagli.

I gambi dei pioli devono essere della classe di tolleranza da h13 a EN ISO 286-2 (b11 se rivestiti).

Nota Questi valori sono identici a quelli per le viti calibrate della EN 14399-8.

5.6.4 Assiemi di bulloneria strutturale da precarico

Gli assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza da precarico comprendono il sistema HR, il sistema HV e gli assiemi di bulloneria HRC. Essi devono essere conformi ai requisiti di prova della EN 14399-2 e della relativa norma europea come elencato nel prospetto 7.

Le classi di proprietà delle viti e dei dadi e, se appropriato, delle finiture superficiali devono essere specificate insieme alle opzioni richieste dalla norma di prodotto.

prospetto 7 **Norme di prodotto per assiemi di bulloneria strutturale ad alta resistenza per precarico**

Viti e dadi	Rondelle
EN 14399-3 EN 14399-4 EN 14399-7 EN 14399-8 EN 14399-10	EN 14399-5 EN 14399-6

Se non diversamente specificato, gli assiemi di bulloneria in acciaio inossidabile non devono essere utilizzati in applicazioni precaricate. Se utilizzati, devono essere considerati elementi di collegamento speciali (vedere punto 5.6.11).

5.6.5 Indicatori di tensione diretta

Gli indicatori di tensione diretta e le rondelle associate HN/HB faccia vite e faccia dado devono essere in conformità alla EN 14399-9.

Gli indicatori di tensione diretta non devono essere utilizzati con acciai resistenti agli agenti atmosferici o con acciai inossidabili.

5.6.6 Assiemi resistenti agli agenti atmosferici

Gli assiemi resistenti agli agenti atmosferici devono essere costruiti con materiali resistenti alla corrosione atmosferica di migliore qualità, dei quali deve essere specificata la composizione chimica.

Nota Sarebbero adatti gli elementi di collegamento Tipo 3 Grado A conformi alla norma ASTM A325.

Le loro caratteristiche meccaniche, prestazioni e condizioni di fornitura devono essere conformi ai requisiti della EN 14399-1 o della EN 15048-1 come pertinente.

5.6.7 Viti di fondazione

Le caratteristiche meccaniche delle viti di fondazione devono essere in conformità alla EN ISO 898-1 oppure fabbricate di acciaio laminato a caldo conforme alle norme da EN 10025-2 a EN 10025-4.

Se non diversamente specificato, non si devono utilizzare acciai di armatura. Se ne è specificato l'utilizzo, l'acciaio deve essere conforme alla norma EN 10080 e il tipo deve essere specificato.

Nota La EN 13670 specifica i requisiti per le barre di acciaio di armatura utilizzate come viti o ancoraggi di fondazione.

5.6.8 Dispositivi di bloccaggio

Se richiesto, devono essere specificati i dispositivi che impediscono efficacemente l'allentamento o la perdita del precarico dell'assieme in caso di urto, vibrazioni significative o carichi ciclici.

Se non diversamente specificato, per prevenire l'allentamento, si possono utilizzare i dadi autofrenanti delle EN ISO 7040, EN ISO 7042, EN ISO 7719 e EN ISO 10511 e i requisiti di prestazione indicati nella EN ISO 2320.

5.6.9 Rondelle

5.6.9.1 Rondelle piane

Le rondelle fornite come parte di un assieme di elementi di collegamento devono essere conformi alle norme di prodotto pertinenti a tale insieme.

Le rondelle fornite separatamente possono essere utilizzate in applicazioni non precaricate e devono essere in conformità alle EN ISO 7089, EN ISO 7090, EN ISO 7091, EN ISO 7092, EN ISO 7093-1 o EN ISO 7094 per acciaio al carbonio, oppure alle EN ISO 7089, EN ISO 7090, EN ISO 7092 o EN ISO 7093-1 per acciai inossidabili.

5.6.9.2 Rondelle coniche

Le rondelle coniche devono essere conformi alla durezza e gli altri requisiti relativi alle rondelle piane di cui al punto 5.6.9.1, ad eccezione delle dimensioni applicabili alla forma, che devono essere specificate.

5.6.9.3 Rondelle per lamiera

Le rondelle per lamiera devono essere dimensionate con gli interspazi nominali secondo il prospetto 11 e con dimensioni tali da garantire che la rondella si sovrapponga al componente collegato almeno quanto una rondella piana di riferimento quando utilizzata con normali fori circolari.

5.6.10 Rivetti solidi per la rivettatura a caldo

I rivetti solidi per rivettatura a caldo devono essere conformi alla norma di prodotto pertinente, che deve essere specificata.

5.6.11 Elementi di collegamento speciali

Gli elementi di collegamento speciali sono elementi di collegamento che non sono trattati da norme europee o internazionali. Essi devono essere specificati, così come le prove eventualmente necessarie.

Nota Per l'utilizzo degli elementi di collegamento speciali, vedere punto 8.8.

I bulloni a iniezione di resina devono essere classificati come elementi di collegamento speciali.

5.6.12 Fornitura e identificazione

Gli elementi di collegamento secondo i punti da 5.6.3 a 5.6.5 devono essere forniti e identificati in conformità ai requisiti della norma di prodotto pertinente.

Gli elementi di collegamento secondo i punti da 5.6.6 a 5.6.11 devono essere forniti e identificati come segue:

a) essi devono essere forniti in un adeguato imballaggio durevole ed etichettati in modo tale che il contenuto sia facilmente identificabile.

b) l'etichettatura o la documentazione di accompagnamento devono essere in conformità ai requisiti della norma di prodotto e dovrebbero contenere le seguenti informazioni in una forma leggibile e durevole:

   1) identificazione del fabbricante e, se pertinenti, i numeri di lotto;

   2) tipo di elemento di collegamento e materiale e, se appropriato, il suo montaggio;

   3) rivestimento di protezione.

c) la marcatura degli elementi di collegamento deve essere in conformità ai requisiti della presente norma di prodotto.

5.7 Prigionieri e connettori a taglio

I prigionieri per la saldatura ad arco devono essere conformi ai requisiti della EN ISO 13918.

I prigionieri o i connettori a taglio diversi dai tipi di prigionieri di cui alla EN ISO 13918 devono essere classificati come elementi di collegamento speciali ed essere conformi al punto 5.6.11.

5.8 Acciaio di armatura saldato all'acciaio per impieghi strutturali

Gli acciai di armatura da saldare all'acciaio per impieghi strutturali devono essere idonei alla saldatura secondo la EN 10080.

5.9 Materiali da iniettare

I materiali da iniettare da utilizzare devono essere specificati. Si deve trattare di malta cementizia, malta speciale o calcestruzzo fine.

La malta cementizia da utilizzare tra basi di acciaio o piastre portanti e fondazioni di calcestruzzo deve essere come segue:

a) per lo spessore nominale non maggiore di 25 mm: cemento Portland bianco;

b) per uno spessore nominale compreso tra 25 e 50 mm: malta cementizia fluida Portland non più magra di 1:1 come proporzione tra cemento e aggregato fine;

c) per spessore nominale di 50 mm e superiore: asciugare il più possibile la malta cementizia Portland in modo che non sia più magra di 1:2 come proporzione tra cemento e aggregato fine.

Le malte speciali comprendono malte a base di cemento utilizzate con additivi, malte per dilatazione e malte a base di resina. Si raccomandano quelli con basse caratteristiche di restringimento.

Le malte speciali devono essere accompagnate da istruzioni particolareggiate per l'utilizzo attestate dal fabbricante.

Il calcestruzzo fine deve essere utilizzato solo tra basi di acciaio o piastre portanti e fondazioni di calcestruzzo con interstizi di spessore nominale pari o superiore a 50 mm.

5.10 Giunti di espansione per ponti

Devono essere specificati i requisiti relativi al tipo e alle caratteristiche dei giunti di espansione.

5.11 Cavi, tondi e terminazioni ad alta resistenza

I fili per i cavi ad alta resistenza devono essere fili di acciaio trafilati a freddo o laminati a freddo e devono essere conformi ai requisiti delle EN 10264-3 o EN 10264-4. Deve essere specificato il grado di resistenza alla trazione e, se appropriato, la classe di rivestimento secondo la EN 10244-2.

I trefoli per cavi ad alta resistenza devono essere conformi ai requisiti del prEN 10138-3. Devono essere specificati la designazione e la classe del trefolo.

Le funi di filo di acciaio devono essere conformi ai requisiti della EN 12385-1 e della EN 12385-10. Devono essere specificati il carico di rottura minimo e il diametro della fune di filo metallico di acciaio e, se appropriato, i requisiti relativi alla protezione contro la corrosione.

Il materiale di riempimento per le boccole deve essere conforme ai requisiti della EN 13411-4. Esso deve essere selezionato tenendo conto della temperatura di servizio e delle azioni volte ad evitare lo scorrimento continuo del trefolo caricato attraverso la boccola.

5.12 Appoggi strutturali

Gli appoggi strutturali devono essere conformi ai requisiti delle EN 1337-2, EN 1337-3, EN 1337-4, EN 1337-5, EN 1337-6, EN 1337-7 o EN 1337-8 come pertinente.

6 PREPARAZIONE E ASSEMBLAGGIO

6.1 Generalità

Il presente punto specifica i requisiti per il taglio, la sagomatura, la perforazione e l'assemblaggio dei prodotti costituenti per l'inclusione nei componenti e per l'assemblaggio dei componenti.

Nota La saldatura e gli elementi di collegamento meccanici sono trattati nei punti 7 e 8.

La carpenteria di acciaio per impieghi strutturali deve essere fabbricata tenendo conto dei requisiti di cui al punto 10 ed entro le tolleranze specificate al punto 11.

Le attrezzature utilizzate nel processo di fabbricazione devono essere sottoposte a manutenzione per assicurare che l'utilizzo, l'usura e il cedimento non provochino un'incongruenza significativa nel processo di fabbricazione.

6.2 Identificazione

In tutte le fasi della fabbricazione ogni pezzo o imballo di componenti di acciaio simili deve essere identificabile mediante un sistema adatto.

L'identificazione può essere ottenuta, se appropriato, per lotti, o per forma e dimensioni del componente o mediante l'utilizzo di marchi durevoli e distintivi applicati in modo da non provocare danni. Non sono ammessi intagli a cesello.

Se non diversamente specificato, i seguenti requisiti si applicano alle marcature stampate, punzonate o perforate che servono per marcare singoli componenti o imballi di componenti simili:

a) sono ammesse solo per tipi di acciaio fino a S500 compreso;

b) non sono ammesse per gli acciai inossidabili;

c) devono essere utilizzate solo nelle aree specificate in cui il metodo di marcatura non influisce sulla durata a fatica.

Se non è ammesso l'utilizzo di timbri duri, marchi a punzone o perforazione, deve essere specificato se possono essere utilizzati timbri morbidi o a bassa pressione.

Se non diversamente specificato, per gli acciai inossidabili possono essere utilizzati timbri morbidi o a bassa pressione.

Devono essere specificate tutte le zone nelle quali i marchi di identificazione non sono ammessi o non devono essere visibili dopo il completamento dell'operazione.

6.3 Manipolazione e immagazzinamento

I prodotti costituenti devono essere manipolati e immagazzinati in condizioni che sono in conformità alle raccomandazioni del fabbricante del prodotto.

Un prodotto costituente non deve essere utilizzato oltre il periodo di validità specificato dal fabbricante. I prodotti che sono stati manipolati o immagazzinati in un modo o per un periodo di tempo che potrebbe comportare un deterioramento significativo devono essere controllati prima dell'utilizzo per garantire che siano ancora conformi alle norme di prodotto pertinenti.

I componenti di acciaio per impieghi strutturali devono essere imballati, manipolati e trasportati in modo sicuro, in modo da evitare deformazioni permanenti e ridurre al minimo i danni superficiali. Se appropriato, devono essere applicate le misure preventive per la manipolazione e l'immagazzinamento specificate nel prospetto 8.

prospetto 8 **Elenco delle misure preventive per la manipolazione e l'immagazzinamento**

	Sollevamento
1	Protezione dei componenti dai danni nei punti di sollevamento
2	Prevenzione del sollevamento a punto singolo di componenti lunghi mediante l'utilizzo di travi di sospensione, a seconda dei casi
3	Raggruppamento di componenti leggeri particolarmente soggetti a danni ai bordi, torsioni e deformazioni se manipolati come pezzi singoli. Prestare attenzione a evitare danni localizzati in caso di contatto tra i componenti, a bordi non irrigiditi nei punti di sollevamento o in altre zone in cui una proporzione significativa del peso del fascio è applicata su un singolo bordo non rinforzato
	Immagazzinamento
4	Accatastamento dei componenti fabbricati immagazzinati prima del trasporto o della costruzione per mantenerli puliti
5	Supporti necessari per evitare deformazioni permanenti
6	Immagazzinamento di lamiere profilate e di altri materiali forniti con superfici decorative prefinite secondo i requisiti delle norme pertinenti
	Protezione contro la corrosione
7	Prevenzione dell'accumulo di acqua
8	Precauzioni per evitare la penetrazione di umidità nei fasci di sezioni con pre-rivestimenti metallici Nota In caso di immagazzinamento prolungato all'aperto nel cantiere, i fasci di sezioni dovrebbero essere aperti e le sezioni separate per evitare l'insorgere di "ruggine bianca o nera".
	Acciai inossidabili
9	Manipolazione e immagazzinamento di acciaio inossidabile per evitare la contaminazione da parte di attrezzature fisse o manipolatori, ecc. Immagazzinamento accurato dell'acciaio inossidabile, in modo che le superfici siano protette da danni o contaminazioni
10	Se appropriato, utilizzare la pellicola protettiva o altri rivestimenti di protezione, da lasciare applicati il più a lungo possibile
11	Prevenzione dell'immagazzinamento in atmosfere umide e cariche di sale
12	Protezione delle scaffalature di immagazzinamento mediante listelli o guaine di legno, gomma o plastica adatti, per evitare superfici di sfregamento di acciaio al carbonio, contenenti rame, piombo, ecc.
13	Proibizione dell'utilizzo di marcatori contenenti cloruro o solfuro Nota Un'alternativa è quella di utilizzare una pellicola protettiva e applicare tutti i segni solo su questa pellicola.
14	Protezione dell'acciaio inossidabile dal contatto diretto con attrezzature di sollevamento o di manipolazione di acciaio al carbonio quali catene, ganci, reggette e rulli o forche di carrelli elevatori a forca mediante l'utilizzo di materiali isolanti o di compensato leggero o ventose. Utilizzo di strumenti di costruzione adeguati per garantire che non si verifichino contaminazioni superficiali
15	Prevenzione del contatto con sostanze chimiche, compresi coloranti, colle, nastro adesivo, quantità eccessive di olio e grasso Nota Se è necessario utilizzarli, la loro idoneità deve essere controllata assieme al loro fabbricante.
16	Utilizzo di una fabbricazione separata per l'acciaio al carbonio e l'acciaio inossidabile per impedire l'accumulo di carbonio nell'acciaio. Utilizzo di utensili separati dedicati esclusivamente all'acciaio inossidabile, in particolare mole e spazzole metalliche. Spazzole metalliche e lana di acciaio inossidabile, preferibilmente austenitico
	Trasporto
17	Misure speciali necessarie per proteggere i componenti manufatti durante il transito

6.4 Taglio

6.4.1 Generalità

Il taglio deve essere effettuato in modo da rispettare i requisiti delle tolleranze geometriche, della durezza massima e della levigatezza dei bordi liberi specificati nella presente norma europea.

Metodi di taglio noti e riconosciuti sono il taglio con sega, la tranciatura, il taglio a disco, le tecniche a getto d'acqua e il taglio termico. Il taglio termico manuale dovrebbe essere utilizzato solo se non è possibile utilizzare il taglio termico automatizzato. Per alcuni metodi di taglio, si dovrebbero prendere precauzioni se i bordi tagliati devono essere liberi (cioè non saldati successivamente) per componenti soggetti a fatica (vedere punto 6.4.4).

Se un processo non è conforme, non deve essere utilizzato fino a quando non è corretto e nuovamente controllato. Può essere utilizzato su un intervallo ristretto di prodotti costituenti che producono risultati conformi.

Se si devono tagliare materiali rivestiti, si deve selezionare il metodo di taglio per ridurre al minimo eventuali danni al rivestimento.

Devono essere rimosse le sbavature che potrebbero causare lesioni o impedire il corretto allineamento o l'alloggiamento delle sezioni o delle lamiere.

6.4.2 Tranciatura e roditura

Le superfici a bordi liberi devono essere controllate e, se necessario, levigate per eliminare difetti significativi. Se la rettifica o la lavorazione a macchina sono effettuate dopo la tranciatura o la roditura, la profondità minima di rettifica o lavorazione deve essere di 0,5 mm.

6.4.3 Taglio termico

La capacità dei processi di taglio termico automatizzati deve essere controllata annualmente secondo le modalità sottoindicate.

Devono essere prelevati quattro campioni dal prodotto costituente da tagliare mediante il processo:

a) un taglio diritto dal prodotto costituente più spesso;

b) un taglio diritto dal prodotto costituente più sottile;

c) uno spigolo vivo da uno spessore rappresentativo;

d) un arco curvo da uno spessore rappresentativo.

Le misurazioni devono essere effettuate su campioni diritti su almeno 200 mm di lunghezza ciascuno e confrontate con la qualità richiesta della superficie di taglio. Gli spigoli vivi e i campioni curvi devono essere esaminati visivamente per stabilire che producano bordi di riferimento equivalenti a quelli dei tagli diritti.

In alternativa, la guida indicata nell'appendice D può essere utilizzata per controllare la capacità dei processi di taglio termico automatizzati.

Se non diversamente specificato, i requisiti di qualità per le superfici tagliate da lasciare come bordi liberi (cioè da non incorporare successivamente in una saldatura) devono essere secondo il prospetto 9 quando valutati in conformità alla EN ISO 9013.

prospetto 9 **Qualità delle superfici di taglio**

Classi di esecuzione	Tolleranza di perpendicolarità o di angolarità, u	Altezza media del profilato, Rz5
EXC1	I bordi di taglio devono essere privi di irregolarità significative e le scorie devono essere rimosse	
EXC2	Intervallo 5	Intervallo 4
EXC3 ed EXC4	Intervallo 4	Intervallo 4

6.4.4 Durezza delle superfici a bordi liberi

La capacità dei processi che possono produrre durezza locale deve essere controllata.

Per gli acciai al carbonio ≥ S460 la durezza delle superfici a bordi liberi non deve essere maggiore di 450 (HV10).

La specifica di esecuzione può specificare altri requisiti per la durezza delle superfici a bordi liberi.

Nota 1 Questi requisiti specifici possono essere necessari se il bordo libero è soggetto a fatica o a forze d'urto oppure è suscettibile all'infragilimento da idrogeno o per garantire che il bordo libero sia adatto alla preparazione secondo il punto 10.2 prima dell'applicazione delle vernici e dei prodotti correlati. Per i bordi liberi da zincare per immersione a caldo, vedere EN ISO 14713-2.

Se non diversamente specificato, il controllo della capacità dei processi deve essere come segue:

a) devono essere prodotti quattro campioni da prove della procedura del prodotto costituente che comprendano l'intervallo di prodotti costituenti lavorati più sensibili all'indurimento locale;

b) su ciascun campione devono essere effettuate quattro prove locali di durezza nei punti che possono essere interessati. Le prove devono essere in conformità alla serie EN ISO 6507.

Nota 2 I requisiti per il controllo della durezza dopo la saldatura sono compresi nelle prove di procedura (vedere punto 7.4.1).

Per il taglio termico, la guida è indicata nell'appendice D.

Per limitare la durezza delle superfici a bordi liberi deve essere applicato, se necessario, il preriscaldamento del materiale.

6.5 Formatura

6.5.1 Generalità

L'acciaio può essere piegato, pressato o forgiato nella forma richiesta mediante un processo di formatura a caldo o a freddo, purché le sue caratteristiche non siano ridotte al di sotto di quelle specificate.

I requisiti e le raccomandazioni per la formatura a caldo e a freddo e per il raddrizzamento a fiamma degli acciai devono essere quelli indicati nelle norme di prodotto pertinenti e nel CEN/TR 10347.

La formatura può essere utilizzata mediante applicazione controllata di calore alle condizioni specificate ai punti 6.5.2 e 6.5.3.

I componenti sagomati che presentano cricche o lacerazioni lamellari o danni ai rivestimenti superficiali devono essere trattati come prodotti non conformi.

6.5.2 Formatura a caldo

La sagomatura per formatura a caldo deve essere conforme ai requisiti relativi alla formatura a caldo nella norma di prodotto pertinente e alle raccomandazioni del fabbricante dell'acciaio. Se non diversamente specificato, la formatura a caldo degli acciai inossidabili non è ammessa.

Per gli acciai secondo la EN 10025-4 e nelle condizioni di fornitura +M secondo la EN 10025-2 la formatura a caldo non è ammessa.

Per gli acciai da bonifica, la formatura a caldo è ammessa soltanto se sono soddisfatti i requisiti della EN 10025-6.

La sagomatura per formatura a caldo (T > 580 °C) dei componenti non è ammessa se il limite nominale di snervamento è raggiunto con la formatura a freddo.

Per i tipi di acciaio fino a S355 compreso, il processo di formatura a caldo deve svolgersi nello stato al calore rosso (da 600 °C a 650 °C) e la temperatura, la tempistica e la velocità di raffreddamento devono essere appropriate al particolare tipo di acciaio. Non è ammesso piegare e formare nell'intervallo al calore blu (da 250 °C a 380 °C).

Per gli acciai di tipo S450+N (o +AR) secondo la EN 10025-2 e di tipo S420 e S460 secondo la EN 10025-3, il processo di formatura a caldo deve svolgersi in un intervallo di temperature compreso tra 960 °C e 750 °C con successivo raffreddamento a temperatura dell'aria. La velocità di raffreddamento dovrebbe essere tale da evitare l'indurimento oltre all'eccessivo ingrossamento del grano. Se ciò non è possibile, deve essere effettuato un successivo trattamento di normalizzazione.

La formatura a caldo non è consentita per S450 secondo la EN 10025-2 se non è indicata alcuna condizione di fornitura.

Nota Se non è indicata alcuna condizione di fornitura, i prodotti di acciaio S450 potrebbero essere consegnati in condizioni termomeccaniche di fornitura.

6.5.3 Raddrizzamento a fiamma

6.5.3.1 Generalità

Se la distorsione deve essere corretta mediante raddrizzamento a fiamma, si deve ricorrere all'applicazione locale di calore.

Deve essere sviluppata una procedura documentata per i tipi di acciaio maggiori di S355 e, se specificato, per gli altri. La procedura deve comprendere almeno:

a) temperatura massima dell'acciaio e procedura di raffreddamento ammessa;

b) metodo di riscaldamento;

c) metodo utilizzato per le misurazioni della temperatura;

d) identificazione dei lavoratori autorizzati ad applicare il processo.

La procedura deve essere qualificata sulla base dei risultati delle prove di trazione, urto e durezza. Per quanto riguarda la zona termicamente riscaldata, deve essere specificato il luogo utilizzato per la misurazione della temperatura, nonché il luogo e l'orientamento dei campioni di prova da utilizzare.

6.5.3.2 Requisiti aggiuntivi per gli acciai inossidabili

Il raddrizzamento a fiamma degli acciai inossidabili dovrebbe essere evitata specialmente per i tipi duplex, austenitici a basso tenore di nichel e martensitici. Se ciò è inevitabile, le temperature massime devono essere mantenute il più basse possibile e il periodo di esposizione al calore deve essere mantenuto quanto più breve possibile. Inoltre, devono essere prese in considerazione le condizioni seguenti:

a) la superficie deve essere priva di agenti sulfurei e di altre impurità quali l'etichettatura, la polvere di ferro e il grasso;

b) la fiamma ossiacetilenica deve essere regolata in modo neutro o con una leggera eccedenza di ossigeno;

c) il tempo di esposizione termica (preriscaldamento + tempo alla temperatura + tempo di raffreddamento) dovrebbe essere il più breve possibile. Il raffreddamento deve essere effettuato utilizzando acqua o aria compressa;

d) devono essere osservate le condizioni del prospetto 10;

e) gli arresti o gli utensili di percussione oltre agli altri utensili dovrebbero essere costituiti da acciaio al CrNi o dovrebbero essere cromati.

Dopo il raddrizzamento, i colori di ricottura e le incrostazioni di ossido devono essere completamente rimossi utilizzando misure adatte.

Il raddrizzamento a fiamma deve essere effettuato solo da personale competente sotto la supervisione del coordinatore della saldatura.

Si dovrebbe notare che per gli acciai inossidabili lavorati a freddo, l'ammorbidimento dovuto al raddrizzamento a fiamma può influire sulle caratteristiche meccaniche.

prospetto 10 **Condizioni di raddrizzamento a fiamma per acciai inossidabili**

Tipo di acciaio	Temperatura di raddrizzamento a fiamma (°C)	Colore del calore radiante	Massimo tempo di esposizione (minuti)
Acciai ferritici	500 - 600	Blu-grigio sino all'inizio del rosso scuro	4
Acciai austenitici	650 - 750	Da rosso mattone a rosso scuro	12
Acciai austenitici-ferritici	500 - 600	Blu-grigio sino all'inizio del rosso scuro	8

6.5.4 Formatura a freddo

La sagomatura per formatura a freddo, ottenuta mediante laminazione, pressatura o piegatura, deve essere conforme ai requisiti di formabilità a freddo indicati nella norma di prodotto pertinente. Non devono essere utilizzate martellature.

Nota La formatura a freddo porta alla riduzione della duttilità. Si richiama inoltre l'attenzione sul rischio di infragilimento da idrogeno associato a processi successivi quali il trattamento acido durante il rivestimento o la zincatura per immersione a caldo.

a) Per gli acciai al carbonio o legati di tipo maggiore di S355, se è effettuato un trattamento di rinvenimento di distensione dopo la formatura a freddo, devono essere soddisfatte le due condizioni seguenti:
   1) intervallo di temperatura: da 530 °C a 580 °C;
   2) tempo di attesa: 2 min/mm dello spessore del materiale, ma con un tempo minimo di 30 min.
b) Per gli acciai al carbonio o legati, il trattamento di rinvenimento di distensione eseguito a temperature maggiori di 580 °C o per più di un'ora può comportare un deterioramento delle caratteristiche meccaniche. Se si intende alleviare la sollecitazione degli acciai da S420 a S700 a temperature più elevate o per periodi più lunghi, i valori minimi richiesti delle caratteristiche meccaniche devono essere preventivamente concordati con il fabbricante del prodotto;
c) Se non diversamente specificato, per gli acciai inossidabili ricotti di spessore fino a 3 mm, i minimi raggi del gomito interni *r* da formare devono essere:
   1) $r = 0$ per tipi austenitici;
   2) $r = t$ per tipi austenitici-ferritici e ferritici;

   dove *t* è lo spessore del materiale o il diametro delle barre.
d) Se non diversamente specificato, per gli altri acciai inossidabili e spessori, i minimi raggi del gomito interni *r* da formare devono essere:

   $r = (4,2 - A_5/10)\ t$ per valori di A_5 limitati a 42 e dove *t* è lo spessore della lamiera o il diametro delle barre.
e) A_5 è l'allungamento minimo alla rottura in percentuale secondo la norma di riferimento pertinente allo stato di ricottura o di lavorazione a freddo del materiale, come appropriato;
f) Se i valori dell'allungamento alla frattura A_5 sono minori in direzione trasversale, se ne deve tenere conto quando si piega in direzione trasversale utilizzando questi valori nella formula di cui sopra;

Nota 1 La serie EN 10088 fornisce valori per l'allungamento a rottura A_5. Per contrastare gli effetti del ritorno elastico, l'acciaio inossidabile deve essere piegato in modo eccessivo a un grado leggermente maggiore rispetto all'acciaio al carbonio.

Nota 2 I requisiti di potenza per la piegatura di acciaio inossidabile sono maggiori di quelli per la piegatura di componenti di acciaio al carbonio geometricamente simili, a causa dell'incrudimento a freddo (circa il 50% nel caso degli acciai austenitici o anche di più nel caso degli acciai austenitici-ferritici).

Se non diversamente specificato nel prEN 1090-4 per componenti e fogli formati a freddo:

g) Le sezioni formate a freddo possono essere sagomate mediante curvatura a gomito, curvatura regolare o crimpatura, a seconda dei materiali da utilizzare;
h) Per i componenti formati a freddo e le lamiere utilizzate come componenti strutturali, la sagomatura mediante formatura a freddo deve conformarsi alle due condizioni seguenti:
   1) i rivestimenti superficiali e l'accuratezza del profilato non devono essere compromessi;
   2) deve essere specificato se i prodotti costituenti richiedono l'applicazione di membrane protettive prima della formatura.

Nota Alcuni rivestimenti e finiture sono particolarmente soggetti a danni da abrasione, sia durante la formatura, sia successivamente durante la costruzione. Per ulteriori informazioni, vedere la EN 508-1 e la EN 508-3.

i) La piegatura per formatura a freddo dei componenti delle sezioni cave può essere autorizzata purché si controllino la durezza e la geometria del prodotto costituente come piegato;

Nota La piegatura per formatura a freddo può causare alterazioni delle caratteristiche della sezione (per esempio concavità, ovalizzazione e assottigliamento della parete) e un aumento della durezza.

j) Se non diversamente specificato, per i tubi circolari piegati mediante formatura a freddo devono essere soddisfatte le tre condizioni seguenti:

1) il rapporto tra il diametro totale del tubo e lo spessore di parete non deve essere maggiore di 15;

2) il raggio del gomito (sulla linea mediana del tubo) non deve essere minore di $1{,}5d$ o d+100 mm, a seconda di quale valore sia maggiore, dove d è il diametro totale del tubo;

3) la linea di giunzione della saldatura longitudinale nella sezione trasversale deve essere posizionata in prossimità dell'asse neutro, in modo da ridurre le sollecitazioni di flessione sulla saldatura.

6.6 Perforazione

6.6.1 Dimensioni dei fori

Il presente punto si applica alla realizzazione di fori per collegamenti con elementi di collegamento meccanici e pioli.

La definizione del diametro nominale del foro combinata con il diametro nominale della vite da utilizzare nel foro determina se il foro è "normale" o "sovradimensionato". I termini "corto" e "lungo" applicati ai fori scanalati si riferiscono a due tipi di fori utilizzati per la progettazione strutturale di assiemi di bulloneria precaricati. Questi termini possono essere utilizzati anche per indicare gli interspazi per gli assiemi di bulloneria non precaricati.

La specifica di esecuzione deve specificare dimensioni speciali per i giunti di dilatazione.

Gli interspazi nominali per i bulloni e per i pioli non destinati ad agire in condizioni di montaggio devono essere quelli specificati nel prospetto 11. L'interspazio nominale è:

a) la differenza tra il diametro nominale del foro e il diametro nominale del bullone per i fori tondi;

b) la differenza tra la lunghezza o la larghezza del foro rispettivamente e il diametro nominale del bullone per i fori scanalati.

prospetto 11 **Interspazi nominali per bulloni e pioli (mm)**

Diametro nominale di bullone o piolo (in mm) [d]	12[a]	14	16	18	20	22	24	Da 27 a 36[b]
Fori tondi normali [c]	1 [d] [e]		2					3
Fori tondi sovradimensionati	3		4				6	8
Fori scanalati corti (sulla lunghezza complessiva)[f]	4		6				8	10
Fori scanalati lunghi (sulla lunghezza complessiva)[f]	1,5 [d]							

a) Applicabile anche a diametri minori di 12 mm, se non diversamente specificato.
b) Applicabile anche a diametri maggiori di 36 mm, se non diversamente specificato.
c) Per applicazioni quali torri e piloni, l'interspazio nominale per i normali fori circolari deve essere ridotto di 0,5 mm, se non diversamente specificato.
d) Per gli elementi di collegamento rivestiti, l'interspazio nominale di 1 mm può essere aumentato dello spessore del rivestimento dell'elemento di collegamento.
e) I bulloni con diametro nominale di 12 mm e 14 mm, o i bulloni a testa svasata possono essere utilizzati anche in fori con interspazi di 2 mm, se specificato.
f) Per i bulloni in fori scanalati, gli interspazi nominali lungo la larghezza devono essere uguali a quelli sul diametro specificati per i normali fori circolari.

Per le viti calibrate il diametro nominale del foro deve essere uguale al diametro del gambo della vite.

Nota 1 Per le viti calibrate secondo la EN 14399-8, il diametro nominale del gambo è di 1 mm più grande del diametro nominale della parte filettata.

Per i rivetti rigidi per rivettatura a caldo, deve essere specificato il diametro nominale del foro.

Per i bulloni a testa svasata o i rivetti rigidi per rivettatura a caldo, le dimensioni nominali della svasatura e le tolleranze su di essi devono essere tali che dopo l'installazione il bullone o il rivetto sia a filo con la faccia esterna della piegatura esterna. Le dimensioni delle svasature devono essere come specificate di conseguenza. In caso di svasatura che attraversa più piegature, le piegature devono essere tenute saldamente unite durante la svasatura.

Se i bulloni a testa svasata sono identificati come destinati ad essere utilizzati in applicazioni in tensione o precaricate, la profondità nominale della svasatura deve essere minore di almeno 2 mm allo spessore nominale della piegatura esterna.

Nota 2 I 2 mm servono a tenere conto di tolleranze sfavorevoli.

6.6.2 Tolleranze sul diametro dei fori per bulloni e pioli

Se non diversamente specificato, i diametri dei fori devono essere conformi a quanto segue:

a) fori per l'inserimento di viti calibrate e pioli fissati: classe H11 secondo la EN ISO 286-2;

b) taglio termico e altri fori: -0,5/+0,5 mm.

il diametro del foro è assunto come media dei diametri massimo e minimo (vedere figura 1).

6.6.3 Esecuzione di fori

I fori per gli elementi di collegamento o i pioli possono essere formati mediante qualsiasi processo (per esempio perforazione, punzonatura, taglio laser, al plasma o altro taglio termico), a condizione che ciò lasci un foro finito in modo che:

a) siano soddisfatti i requisiti di taglio relativi alla durezza locale e alla qualità della superficie di taglio, secondo il punto 6.4;

b) tutti i fori corrispondenti per gli elementi di collegamento o per i pioli si registrino tra loro in modo che gli elementi di collegamento possano essere inseriti liberamente attraverso gli elementi assemblati in una direzione perpendicolare alle facce a contatto.

La punzonatura è ammessa a condizione che lo spessore nominale del componente non sia superiore a 1,4 volte il diametro nominale del foro o, per un foro non circolare, alle sue dimensioni minime. Se non diversamente specificato, al di fuori di questi limiti dimensionali, i fori possono essere realizzati mediante punzonatura se non diversamente specificato.

Nei casi in cui non siano ammessi fori punzonati non trattati, questi possono essere punzonati almeno 2 mm in meno rispetto alla misura totale e quindi alesati o perforati fino a quando non sia stata rimossa ogni traccia della superficie punzonata originale.

Nota Generalmente, la punzonatura senza alesatura o perforazione successive non è adatta per i giunti imbullonati nei quali si applica una delle seguenti condizioni:

- il giunto è soggetto a carico ciclico o sismico, oppure;
- si tratta di un giunto a sovrapposizione i cui elementi di collegamento si trovano al di sopra del grado 8.8, oppure;
- il giunto è progettato per essere resistente allo scivolamento.

La capacità di processo della punzonatura utilizzata per la perforazione deve essere controllata annualmente come segue:

a) un numero rappresentativo di campioni deve essere prodotto mediante prove di procedura su un prodotto costituente che comprendono l'intervallo dei diametri dei fori, lo spessore del prodotto costituente e i tipi lavorati;

b) le dimensioni dei fori devono essere controllate alle due estremità di ciascun foro utilizzando sagome go/no go o altri metodi appropriati. I fori devono essere conformi alle tolleranze specificate nel punto 6.6.2.

Se il processo non è conforme, non deve essere utilizzato fino a quando non sia stato corretto. Può essere utilizzato su un intervallo limitato di prodotti costituenti e dimensioni di fori che producono risultati conformi.

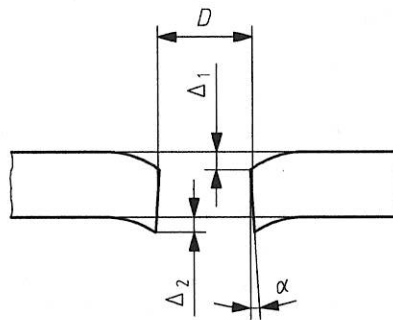
I fori formati mediante punzonatura o taglio termico devono inoltre essere conformi a quanto segue:

c) l'angolo di conicità (α) non deve eccedere quello indicato nella figura 1;

d) le bave (Δ) non devono eccedere il valore illustrato nella figura 1;

e) in corrispondenza delle giunzioni, i fori delle superfici di accoppiamento devono essere praticati in un'unica direzione in tutti i componenti.

figura 1 **Distorsioni ammesse dei fori punzonati o tagliati termicamente**

$$D = \frac{(d_{max} + d_{min})}{2}$$

max (Δ_1 o Δ_2) ≤ max (D/10; 2 mm)

$\alpha \leq 4°$ (cioè 7%)

I fori per le viti calibrate e i pioli di fissaggio possono essere praticati a grandezza naturale o alesati *in loco*. Se i fori devono essere alesati *in loco*, devono essere realizzati inizialmente con una perforazione o una punzonatura di almeno 3 mm di sottodimensionamento. Se l'elemento di collegamento deve passare attraverso più piegature, queste devono essere tenute saldamente insieme durante la perforazione o l'alesatura. L'alesatura deve essere effettuata con un dispositivo a mandrino fisso. Non si deve utilizzare un lubrificante acido.

La svasatura dei normali fori circolari per i bulloni a testa svasata o i rivetti deve essere effettuata dopo la perforazione.

Se non diversamente specificato, i fori scanalati lunghi devono essere perforati in un'unica operazione oppure formati mediante perforazione o punzonatura di due fori e completati con taglio termico se non diversamente specificato.

Le bave devono essere rimosse dai fori prima del montaggio. Se i fori sono praticati in un'unica operazione attraverso pezzi uniti che altrimenti non sarebbero separati dopo la perforazione, la rimozione delle bave è necessaria solo al di fuori delle piegature esterne.

6.7 Sfinestrature

Non deve essere ammesso il taglio eccessivo degli angoli rientranti. Gli angoli rientranti sono quelli nei quali l'angolo di apertura tra le facce è minore di 180°.

Se non diversamente specificato, gli angoli rientranti e gli intagli devono essere arrotondati con un raggio minimo di 5 mm.

Se non diversamente specificato, sono ammesse le sfinestrature punzonate. In caso di sfinestrature in piastre di spessore superiore a 16 mm, i materiali deformati devono essere rimossi mediante rettifica.

6.8 Superfici di appoggio a contatto completo

Se sono specificate superfici di appoggio a contatto completo, la lunghezza di taglio, l'ortogonalità delle estremità e la planarità delle superfici di contatto devono essere conformi alle tolleranze specificate nel punto 11.

6.9 Assemblaggio

L'assemblaggio dei componenti deve essere effettuato in modo da rispettare le tolleranze specificate.

Devono essere adottate precauzioni in modo da evitare la corrosione galvanica prodotta dal contatto tra materiali metallici diversi.

Deve essere evitata la contaminazione dell'acciaio inossidabile per contatto con l'acciaio per impieghi strutturali.

La brocciatura nei fori di allineamento, diversi da quelli per i bulloni montati o i pioli fissati, deve essere effettuata in modo tale che l'allungamento non ecceda i valori indicati per la classe 1 nel prospetto B.8.

Se l'allungamento è maggiore di questo valore, i fori devono essere corretti mediante alesatura.

I fori per i quali non è ammesso l'allungamento devono essere identificati e non devono essere utilizzati per l'allineamento (per esempio per le viti calibrate).

Nota In questi casi, possono essere forniti fori di allineamento specifici.

Tutti i collegamenti per componenti temporanei forniti a fini di fabbricazione devono essere conformi ai requisiti della presente norma europea ed eventuali requisiti speciali, compresi quelli relativi alla fatica, che devono essere specificati se appropriato.

I requisiti relativi alla centinatura o alle preimpostazioni dei componenti devono essere controllati al termine dell'assemblaggio.

6.10 Controllo dell'assemblaggio

L'accoppiamento tra componenti fabbricati che sono interconnessi a più interfacce di collegamento deve essere controllato utilizzando sagome dimensionali, misurazioni tridimensionali accurate o mediante prove di assemblaggio. Devono essere specificati i requisiti per l'eventuale utilizzo dell'insieme di prova e per la sua entità di utilizzo.

Per assemblaggio di prova si intende l'assemblaggio di un numero sufficiente di componenti di un'intera struttura per controllarne l'idoneità. Dovrebbe essere considerato come prova di posa in opera tra i componenti se non è dimostrabile utilizzando sagome o misurazione.

7 SALDATURA

7.1 Generalità

La saldatura deve essere effettuata in conformità ai requisiti della parte pertinente della serie EN ISO 3834 o della serie EN ISO 14554, a seconda dei casi.

Nota Le linee guida per l'implementazione della serie EN ISO 3834 sui requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici sono indicate nel CEN ISO/TR 3834-6.

La saldatura dell'acciaio di armatura con l'acciaio per impieghi strutturali deve essere effettuata in conformità alle raccomandazioni indicate nella serie EN ISO 17660.

La saldatura ad arco degli acciai ferritici e inossidabili deve essere in conformità ai requisiti e alle raccomandazioni delle EN 1011-1, EN 1011-2 e EN 1011-3 come pertinente.

Secondo la classe di esecuzione, si applicano le seguenti parti della serie EN ISO 3834:

- EXC1: EN ISO 3834-4 "Requisiti di qualità elementare";
- EXC2: EN ISO 3834-3 "Requisiti di qualità di riferimento";
- EXC3 ed EXC4: EN ISO 3834-2 "Requisiti di qualità completi".

Lo scopo e campo di applicazione di EXC1 può essere limitato in conformità alle disposizioni nazionali dell'appendice C della EN 1993-1-1:2005/A1:2014 (vedere punto 4.1.2).

7.2 Piano di saldatura

7.2.1 Requisiti per un piano di saldatura

Un piano di saldatura deve essere fornito come parte della pianificazione della produzione richiesta dalla parte pertinente della serie EN ISO 3834.

7.2.2 Contenuto di un piano di saldatura

Il piano di saldatura deve comprendere, se pertinenti:

a) le specifiche della procedura di saldatura identificate in base alla qualificazione pertinente, compresi i materiali di apporto per saldatura, gli eventuali requisiti in materia di preriscaldamento, la temperatura tra le passate e il trattamento termico post-saldatura;

b) le misure da adottare per evitare distorsioni durante e dopo la saldatura;

c) la sequenza delle saldature, con qualsiasi restrizione o posizione accettabile per le posizioni di avvio e di arresto, comprese le posizioni di arresto e le posizioni di avvio intermedie nelle quali la geometria del giunto è tale che la saldatura non può essere eseguita in modo continuo;

Nota Una guida per i giunti delle sezioni cave è indicata nell'appendice E.

d) i requisiti per i controlli intermedi;

e) la rotazione dei componenti nel processo di saldatura, in relazione alla sequenza di saldatura;

f) i dettagli delle ritenzioni da applicare;

g) le misure da adottare per evitare la lacerazione delle lamelle;

h) le misure di controllo della portata termica per evitare la durezza locale in piccole serie di saldature;

i) le attrezzature speciali per i materiali di apporto per saldatura (basso tenore di idrogeno, condizionamento, ecc.);

j) il profilo e la finitura di saldatura per gli acciai inossidabili;

k) i requisiti per i criteri di accettazione delle saldature in conformità al punto 7.6;

l) il riferimento incrociato al punto 12.4 del piano di ispezione e di prova;

m) i requisiti per l'identificazione delle saldature;

n) i requisiti per il trattamento della superficie secondo il punto 10.

Se la saldatura o l'assemblaggio si sovrappongono o mascherano saldature precedenti, è necessario prestare particolare attenzione a quali saldature devono essere eseguite per prime e all'eventuale necessità di ispezionare/sottoporre a prova una saldatura prima di eseguire la seconda saldatura o prima di mascherare i componenti.

Se non diversamente specificato, le condizioni per la saldatura di zone formate a freddo dovrebbero essere secondo il punto 4.14 della EN 1993-1-8:2005.

7.3 Processi di saldatura

I processi di saldatura utilizzabili e i relativi numeri di riferimento sono definiti nella EN ISO 4063.

7.4 Qualificazione delle procedure di saldatura e del personale addetto alla saldatura

7.4.1 Qualificazione delle procedure di saldatura

7.4.1.1 Generalità

La saldatura deve essere eseguita con procedure qualificate utilizzando una specifica della procedura di saldatura (WPS) in conformità alla parte pertinente della serie EN ISO 15609, della EN ISO 14555, EN ISO 15620 o della serie EN ISO 17660, come pertinente.

Se specificato, nel sistema WPS devono essere comprese condizioni speciali di deposito per le saldature di puntatura. Per i giunti in strutture a traliccio a sezione cava, devono essere definite le zone di inizio e fine e il metodo da utilizzare per far fronte alle posizioni nelle quali le saldature attorno a un giunto passano da saldatura d'angolo a saldatura di testa (vedere appendice E).

La specifica e la qualificazione delle procedure di saldatura devono essere in conformità alla EN ISO 15607.

Sebbene non esistano requisiti specifici per le specifiche della procedura di saldatura secondo la EN ISO 15607 nella EN ISO 3834-4, la specifica di esecuzione può specificare che, per EXC1, devono essere fornite istruzioni di lavoro appropriate che specifichino il processo di saldatura, i materiali di apporto e i parametri di saldatura da utilizzare.

7.4.1.2 Qualificazione delle procedure di saldatura per i processi 111, 114, 12, 13 e 14

La qualificazione della procedura di saldatura per i processi 111, 114, 12, 13 e 14 dipende dalla classe di esecuzione, dal metallo base e dal grado di meccanizzazione in conformità al prospetto 12.

prospetto 12 **Metodi di qualificazione delle procedure di saldatura per i processi 111, 114, 12, 13 e 14**

<table>
<tr><th colspan="2">Metodo di qualifica</th><th>EXC2</th><th>EXC3
EXC4</th></tr>
<tr><td>Prova di procedura di saldatura</td><td>EN ISO 15614-1 [a)]
EN ISO 17660-1 /
EN ISO 17660-2 [b)]</td><td>X</td><td>X</td></tr>
<tr><td>Prova di saldatura di pre-produzione</td><td>EN ISO 15613
EN ISO 17660-1 /
EN ISO 17660-2 [b)]</td><td>X</td><td>X</td></tr>
<tr><td>Procedura di saldatura normalizzata</td><td>EN ISO 15612</td><td>X</td><td>X [c)]</td></tr>
<tr><td>Esperienza di saldatura precedente</td><td>EN ISO 15611</td><td rowspan="2">X</td><td rowspan="2">-</td></tr>
<tr><td>Materiali di apporto per saldatura sottoposti a prova</td><td>EN ISO 15610</td></tr>
</table>

X Ammessa
\- Non ammessa

a) La qualificazione delle procedure di saldatura secondo la EN ISO 15614-1:2017 deve essere conforme al Livello 2.
b) Devono essere utilizzati solo i giunti tra acciai di armatura e altri componenti di acciaio.
c) Se ammesso dalla specifica di esecuzione.

Se è richiesta una procedura di qualificazione per le saldature d'angolo su acciai di tipo ≥ S460, deve essere eseguita una prova di trazione a croce in conformità alla EN ISO 9018. In alternativa e se ammesso dalla specifica di esecuzione, per le saldature d'angolo su acciai di tipo ≥ S460 invece di una prova in conformità alla EN ISO 9018, se la gola della saldatura d'angolo per un materiale di apporto di qualità insufficiente è aumentata per compensare, allora deve essere eseguita una prova di trazione su tutto il metallo di apporto e confrontata con la resistenza alla trazione effettiva dichiarata per il materiale di apporto.

Per quanto riguarda le prove di trazione a croce, devono essere sottoposti a prova tre campioni a trazione incrociata. Se la frattura si verifica nel metallo base, deve essere raggiunta la resistenza minima alla trazione nominale del metallo base. Se la frattura si verifica nel metallo saldato, si deve determinare la resistenza alla frattura della sezione trasversale della saldatura stessa. Nei processi con penetrazione profonda, si deve tenere conto dell'effettiva penetrazione sul fondo. La resistenza media alla frattura determinata deve essere ≥ 0,8 R_m (con R_m = resistenza nominale alla trazione del metallo base utilizzato).

Per il primo passaggio di una saldatura d'angolo profondo a uno o più passaggi che utilizza un processo completamente meccanizzato, deve essere eseguita una prova di procedura di saldatura secondo la EN ISO 15614-1 e deve essere esaminata per l'intervallo di spessore nominale della gola che si utilizza durante la produzione. L'esame deve comprendere tre macrosezioni, una dall'inizio, una dal centro e una dalla fine di un provino. Il valore minimo di penetrazione profonda deve essere determinato misurando i valori effettivi nelle macrosezioni.

In caso di saldatura su primer per officina, le prove della procedura di saldatura devono essere eseguite sullo spessore massimo consentito del primer (nominale + tolleranza). I primer per officina devono dimostrare la loro saldabilità secondo le norme da EN ISO 17652-1 a EN ISO 17652-4. La procedura di saldatura è qualificata se le imperfezioni nel provino rientrano nei limiti specificati del livello di qualità B secondo la EN ISO 5817, ad eccezione della porosità che deve essere come segue:

a) assenza di porosità lineare (gruppo di porosità con distanza tra i pori ≤ diametro dei pori);
b) massimo 8% secondo l'appendice A della EN ISO 5817:2014 per i componenti in generale o massimo 4% per i componenti specificati come soggetti a fatica.

Per gli acciai inossidabili, devono essere eseguite le prove della procedura di saldatura secondo la EN ISO 15614-1 ad eccezione dei tipi di acciaio con numeri di materiale 1.4301, 1.4307, 1.4541, 1.4401, 1.4404, 1.4571 nelle condizioni non incrudite a freddo oltre che dei giunti tra questi materiali e con gli acciai al carbonio per impieghi strutturali.

Se non diversamente specificato, se si utilizzano le procedure di qualificazione EN ISO 15613 o EN ISO 15614-1, si applicano le seguenti condizioni:

a) se le prove d'urto sono un requisito della EN ISO 15614-1 allora anche per la EN ISO 15613, devono essere effettuate alla temperatura più bassa richiesta per le prove d'urto delle qualità del materiale da unire, compresa la prova alla temperatura più bassa se una simile opzione esiste per una particolare qualità Charpy;
b) per gli acciai secondo la EN 10025-6, è necessario un provino per il micro-esame. Devono essere registrate le fotografie del metallo saldato, della zona della linea di fusione e della HAZ. Non sono ammesse microcricche.

7.4.1.3 Qualificazione delle procedure di saldatura per altri processi di saldatura

La qualificazione delle procedure di saldatura dei processi non contemplati nel punto 7.4.1.2 deve essere effettuata secondo il prospetto 13.

prospetto 13 **Qualificazione delle procedure di saldatura per i processi 21, 22, 23, 24, 42, 52, 783, 784 e 786**

Processi di saldatura (secondo la EN ISO 4063)		Specifica di procedura di saldatura (WPS)	Qualificazione della procedura di saldatura
Numero di riferimento	Nomenclatura		
21 22 23	Saldatura a punti Saldatura a rulli Saldatura a resistenza a rilievi	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-12
24	Saldatura a scintillio	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-13
42	Saldatura ad attrito	EN ISO 15620	EN ISO 15620
52	Saldatura al laser	EN ISO 15609-4	EN ISO 15614-11
783	Saldatura dei prigionieri ad arco con ferrula ceramica o gas protettivo	EN ISO 14555	EN ISO 14555
784	Saldatura dei prigionieri ad arco con ciclo breve		
786	Saldatura dei prigionieri a scarica capacitiva ad innesco sulla punta		

7.4.1.4 Validità della qualificazione di una procedura di saldatura

La validità di una procedura di saldatura dipende dai requisiti della norma utilizzata per la qualificazione. Se specificato, le prove di produzione delle saldature devono essere eseguite in conformità alle norme di qualificazione pertinenti, per esempio EN ISO 14555, EN ISO 11970, EN ISO 17660-1, EN ISO 17660-2, EN ISO 17652-2.

7.4.2 Saldatori e operatori di saldatura

7.4.2.1 Generalità

I saldatori devono essere qualificati in conformità alla EN ISO 9606-1 e gli operatori di saldatura in conformità alla EN ISO 14732.

Per la saldatura di componenti in EXC1 in strutture che operano in conformità alla norma EN ISO 3834-4, le qualifiche del saldatore devono essere riconvalidate secondo il punto 9.3 a) o 9.3 b) della EN ISO 9606-1:2017 e le qualifiche degli operatori di saldatura devono essere riconvalidate secondo i punti 5.3.a) o 5.3.b) della EN ISO 14732:2013.

I saldatori di acciaio di armatura devono essere qualificati in conformità alla EN ISO 17660-1 o alla EN ISO 17660-2.

Devono essere tenute a disposizione le registrazioni di tutte le prove di qualificazione dei saldatori e degli operatori addetti alla saldatura.

7.4.2.2 Collegamenti di derivazione

Se non diversamente specificato, i saldatori di un collegamento di derivazione a sezione cava con angoli minori di 60° secondo la definizione della EN 1993-1-8 devono essere qualificati come segue, se non diversamente specificato:

a) le dimensioni del provino, i particolari di saldatura e le posizioni di saldatura devono essere tipici di quelli utilizzati nella produzione;
b) per la saldatura di qualificazione di sezioni cave circolari su sezioni cave circolari, i provini per l'esame devono essere prelevati da ciascuna delle quattro posizioni A, B, C e D illustrate nelle figure E.2 ed E.3 nell'appendice E;
c) per la saldatura di qualificazione di sezioni cave circolari su sezioni cave quadrate o rettangolari, i provini per l'esame devono essere prelevati da ciascuna delle due posizioni C e D illustrate nelle figure E.4 ed E.5 nell'appendice E;
d) i provini devono essere esaminati mediante VT ed esame macroscopico secondo la EN ISO 17639;
e) la qualificazione deve essere in conformità ai requisiti della EN ISO 9606-1.

7.4.3 Coordinamento delle attività di saldatura

Per l'EXC1, deve essere fornita una supervisione sufficiente durante l'esecuzione dei lavori di saldatura, come specificato nella EN ISO 3834-4.

Per le classi EXC2, EXC3 ed EXC4, il coordinamento delle attività di saldatura deve essere garantito durante l'esecuzione dei processi di saldatura da personale di coordinamento delle attività di saldatura: adeguatamente qualificato ed esperto nelle operazioni di saldatura sotto la sua supervisione, come specificato nella EN ISO 14731.

Per quanto riguarda le operazioni di saldatura sottoposte a supervisione, il personale addetto al coordinamento delle attività di saldatura deve possedere le conoscenze tecniche secondo i prospetti 14 e 15, in cui B, S e C sono rispettivamente le conoscenze di base, specifiche e complete specificate nella EN ISO 14731.

Nota I gruppi di acciaio sono quelli definiti nel CEN ISO/TR 15608. La corrispondenza ai tipi di acciaio e alle norme di riferimento può essere reperita nel CEN ISO/TR 20172.

Le conoscenze tecniche del personale addetto al coordinamento delle attività di saldatura dell'acciaio di armatura devono essere in conformità alla EN ISO 17660-1.

Il coordinatore della saldatura è responsabile del processo di qualificazione dei saldatori/operatori. I coordinatori della saldatura possono fungere da esaminatori. Se la qualificazione è effettuata da esaminatori/organismi di esame esterni, ciò dovrebbe essere effettuato in conformità alle procedure della EN ISO/IEC 17024 o della EN ISO/IEC 17020.

prospetto 14 **Conoscenze tecniche del personale di coordinamento - Acciai al carbonio per impieghi strutturali**

EXC	Acciai (gruppo acciaio)	Norme di riferimento	Spessore (mm)		
			$t \leq 25$ [a)]	$25 < t \leq 50$ [b)]	$t > 50$
EXC2	Da S235 a S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C[c)]
EXC2	Da S420 a S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	S	C[d)]	C
EXC3	Da S235 a S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
EXC3	Da S420 a S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	Tutti	Tutti	C	C	C

a) Piastre di base e piastre terminali della colonna ≤ 50 mm.
b) Piastre di base e piastre terminali della colonna ≤ 75 mm.
c) Per acciai fino all'S275 compreso, è sufficiente il livello S.
d) Per gli acciai N, NL, M e ML è sufficiente il livello S.

prospetto 15 **Conoscenze tecniche del personale di coordinamento - Acciai inossidabili**

EXC	Acciai (gruppo acciaio)	Norme di riferimento	Spessore (mm)		
			$t \leq 25$	$25 \leq t \leq 50$	$t > 50$
EXC2	Austenitico (8) Ferritico (7.1)	EN 10088-4:2009, Table 3 EN 10088-5:2009, Table 4 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 2	B	S	C
EXC2	Austenitico-ferritico (10)	EN 10088-4:2009, Table 4 EN 10088-5:2009, Table 5 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 3	S	C	C
EXC3	Austenitico (8) Ferritico (7.1)	EN 10088-4:2009, Table 3 EN 10088-5:2009, Table 4 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 2	S	C	C
EXC3	Austenitico-ferritico (10)	EN 10088-4:2009, Table 4 EN 10088-5:2009, Table 5 EN 10296-2:2005, Table 1 EN 10297-2:2005, Table 3	C	C	C
EXC4	Tutti	Tutti	C	C	C

7.5 Preparazione ed esecuzione delle saldature

7.5.1 Preparazione del giunto

7.5.1.1 Generalità

Le preparazioni dei giunti devono essere adatte al processo di saldatura.

Le tolleranze per la preparazione e la posa in opera dei giunti devono essere indicate nei WPS.

Le EN ISO 9692-1 e EN ISO 9692-2 forniscono alcuni dettagli consigliati per la preparazione della saldatura. Per i dettagli sulla preparazione della saldatura degli impalcati per ponti, vedere l'appendice C della EN 1993-2:2006.

Se non diversamente specificato, i fori di accesso all'anima eventualmente previsti devono avere un raggio minimo di 40 mm.

La preparazione del giunto deve essere priva di cricche visibili. Per gli acciai di tipo superiore a S460, le aree di taglio devono essere decalcificate mediante rettifica e verificate come esenti da cricche mediante esame visivo, esame con liquidi penetranti o controllo con particelle magnetiche. Le cricche visibili devono essere rimosse mediante rettifica e, se necessario, la geometria del giunto deve essere corretta.

Se si correggono intagli inaccettabili o altre imperfezioni nella geometria dei giunti mediante saldatura, deve essere utilizzata una procedura qualificata e la zona deve essere successivamente rettificata in modo uniforme.

Tutte le superfici da saldare devono essere essiccate e prive di materiale che possa influire negativamente sulla qualità delle saldature o impedire il processo di saldatura (ruggine, materiale organico o zinco).

Per la prefabbricazione EXC1 i primer (primer per officina) possono essere lasciati sulle facce di fusione solo se non influiscono negativamente sul processo di saldatura. Per le classi EXC2, EXC3 ed EXC4, i primer di prefabbricazione non devono essere lasciati sulle superfici di fusione o nelle zone interessate dal calore, a meno che le prove di procedura di saldatura in conformità alle norme EN ISO 15614-1 o EN ISO 15613 siano state completate utilizzando tali primer di prefabbricazione.

Nota La EN ISO 17652-2 descrive le prove per valutare l'influenza dei primer per officina sulla saldabilità.

7.5.1.2 Sezioni cave

Le sezioni cave circolari utilizzate come componenti di derivazione nei giunti con saldature d'angolo possono essere tagliate in segmenti diritti per prepararle all'interconnessione nei giunti a sella, a condizione che la posa in opera della geometria del giunto sia conforme ai requisiti del sistema WPS.

Per i giunti tra sezioni cave saldate su un lato, si devono utilizzare le preparazioni per i giunti indicate nelle EN ISO 9692-1 e EN ISO 9692-2, come appropriato. L'appendice E illustra l'applicazione indicata nelle EN ISO 9692-1 e EN ISO 9692-2 ai giunti di diramazione tra sezioni cave.

7.5.2 Immagazzinamento e manipolazione dei materiali di apporto per saldatura

I materiali di apporto per saldatura devono essere conservati, manipolati e utilizzati in conformità alle raccomandazioni del fabbricante.

Se gli elettrodi e i flussi devono essere essiccati e immagazzinati, devono essere rispettati i livelli di temperatura e i tempi appropriati, in conformità alle raccomandazioni del fabbricante.

I materiali di apporto per saldatura che presentano segni di danneggiamento devono essere scartati.

Nota Gli esempi di danni o deterioramento comprendono rivestimenti criccati o sfaldati sugli elettrodi rivestiti, fili arrugginiti o sporchi degli elettrodi e fili con rivestimenti protettivi con scaglie o danneggiati.

7.5.3 Protezione dagli agenti atmosferici

Sia il saldatore che l'area di lavoro devono essere adeguatamente protetti dagli effetti del vento, della pioggia e della neve.

Nota I processi di saldatura con gas di protezione sono particolarmente sensibili agli effetti del vento.

Le superfici da saldare devono essere mantenute asciutte ed esenti da condensa.

Se la temperatura del materiale da saldare è inferiore a 5 °C, potrebbe essere necessario un riscaldamento adatto (vedere EN 1011-1).

7.5.4 Assemblaggio per la saldatura

I componenti da saldare devono essere portati all'allineamento, mantenuti in posizione mediante saldature di puntatura o dispositivi esterni e sottoposti a manutenzione durante la saldatura iniziale. La posa in opera deve essere effettuata in modo che l'installazione dei giunti e le dimensioni finali dei componenti rientrino nelle tolleranze specificate. Si deve tenere conto in modo adatto delle deformazioni e del ritiro.

I componenti da saldare devono essere assemblati e mantenuti in posizione in modo tale che i giunti da saldare siano prontamente accessibili e facilmente visibili per il saldatore.

Se non diversamente specificato, l'assemblaggio dei componenti a sezione cava da saldare dovrebbe essere in conformità alle indicazioni indicate nell'appendice E se non diversamente specificato.

Non devono essere introdotte saldature aggiuntive e non devono essere cambiate le posizioni delle saldature specificate senza garantire la conformità alla specifica. I metodi per rinforzare localmente un giunto saldato in una struttura a traliccio a sezione cava dovrebbero facilitare il controllo dell'integrità del giunto come saldato. Si dovrebbe anche prendere in considerazione l'alternativa di ispessire il componente.

Nota I dettagli tipici comprendono selle, diaframmi, piastre di divisione, piastre di copertura, piastre di rivestimento e piastre passanti.

7.5.5 Preriscaldamento

Il preriscaldamento, quando richiesto, deve essere eseguito in conformità alle EN ISO 13916, EN 1011-2 e/o EN 1011-3.

Se richiesto, il preriscaldamento deve essere effettuato secondo il WPS applicabile e deve essere applicato durante la saldatura, comprese la saldatura di puntatura e la saldatura di attacchi temporanei.

7.5.6 Attacchi temporanei

Se la procedura di assemblaggio o di costruzione richiede l'utilizzo di componenti temporaneamente fissati mediante saldature, essi devono essere posizionati in modo da poter essere facilmente rimossi senza danneggiare la carpenteria di acciaio permanente. Tutte le saldature per gli attacchi temporanei devono essere effettuate in conformità al WPS. Devono essere specificate tutte le aree nelle quali non è consentita la saldatura degli attacchi temporanei.

Possibili limitazioni all'utilizzo degli attacchi temporanei per EXC3 ed EXC4 devono essere specificate nella specifica di esecuzione.

La rimozione degli attacchi temporanei saldati mediante taglio, scriccatura o scheggiatura deve essere effettuata in modo tale che il metallo base non sia danneggiato e successivamente deve essere rettificato con cura e senza asperità. Le posizioni di rimozione devono essere ispezionate visivamente e per gli acciai di tipo ≥ S355 devono essere sottoposte a prove non distruttive (NDT). Se non diversamente specificato, non sono consentiti picchiettature e scriccature su acciai di qualità ≥ S460 o su componenti soggetti a fatica.

Dopo la rimozione, deve essere effettuata un'ispezione per accertarsi che il prodotto costituente non presenti cricche sulla superficie del punto di saldatura temporaneo.

7.5.7 Saldature di puntatura

Per gli EXC2, EXC3 ed EXC4, le saldature di puntatura devono essere eseguite utilizzando una specifica di procedura di saldatura basata su una procedura di saldatura idonea e qualificata. La lunghezza minima della puntatura deve essere il valore minore tra il quadruplo dello spessore della parte più spessa o 50 mm, a meno che la prova non dimostri che è soddisfacente una lunghezza minore.

Tutte le saldature di puntatura non incorporate nelle saldature finali devono essere rimosse. Le saldature di puntatura che devono essere incorporate nella saldatura finale devono avere una forma adatta ed essere eseguite da saldatori qualificati. Le saldature di puntatura devono essere prive di difetti di deposito e devono essere pulite accuratamente prima della saldatura finale. Le saldature di puntatura con difetti inammissibili, quali per esempio cricche, devono essere rimosse.

7.5.8 Saldature d'angolo

7.5.8.1 Generalità

Una saldatura d'angolo, come depositata, non deve essere minore delle dimensioni specificate per lo spessore della gola e/o la lunghezza del cordone d'angolo, come appropriato, tenendo conto di quanto segue:

a) l'intero spessore della gola illustrato come ottenibile utilizzando i WPS per i processi di saldatura a penetrazione profonda o parziale;

b) un interstizio h che supera il limite di imperfezione, può essere compensato da un aumento dello spessore della gola $a = a_{nom} + 0,7$ h dove a_{nom} è lo spessore nominale della gola specificato. Per la "posa in opera non corretta" (617 secondo la EN ISO 5817:2014) si applicano i livelli di qualità a condizione che lo spessore della gola sia mantenuto in conformità a (5213 secondo la EN ISO 5817:2014);

c) agli impalcati per ponti si applicano particolari requisiti di fabbricazione, per esempio per lo spessore della gola delle saldature d'angolo, vedere punto 7.5.17 e prospetto B.21.

7.5.8.2 Collegamenti di elementi con saldature d'angolo

Le saldature d'angolo che terminano alle estremità o ai lati dei componenti devono essere eseguite in modo continuo intorno agli angoli per una distanza non minore del doppio della lunghezza del lato della saldatura, a meno che l'accesso o la configurazione non lo rendano impossibile o non sia altrimenti specificato.

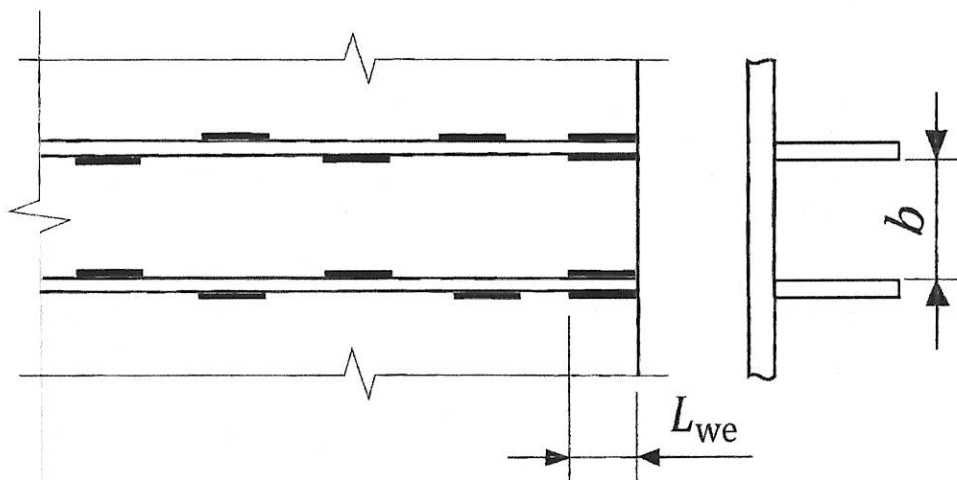
La lunghezza minima di una passata di saldatura d'angolo, esclusi i rinvii di estremità, deve essere almeno quattro volte la lunghezza della gamba della saldatura.

Le saldature d'angolo intermittenti non devono essere utilizzate quando l'azione capillare può portare alla formazione di sacche di ruggine. Le estremità delle saldature d'angolo devono estendersi fino all'estremità della parte connessa.

Per i giunti a sovrapposizione, lo spessore minimo della sovrapposizione non deve essere minore di quattro volte lo spessore della parte connessa più sottile. Le saldature d'angolo singole non devono essere utilizzate se le parti non sono trattenute per impedire l'apertura del giunto.

Se l'estremità di un componente è collegata solo mediante saldature d'angolo longitudinali, la lunghezza di ciascuna saldatura (L_{we}) non deve essere minore del 75% della distanza trasversale tra loro (b) (vedere figura 2).

figura 2 **Saldature d'angolo discontinue**

$L_{we} \geq 0,75\ b$

7.5.9 Saldature di testa

7.5.9.1 Generalità

La specifica di esecuzione deve specificare la posizione delle saldature di testa utilizzate come giunzioni per accogliere le lunghezze disponibili dei prodotti costituenti.

Nota Ciò consente di verificare la coerenza con il progetto.

Le estremità delle saldature di testa devono essere terminate in modo da garantire saldature sane con spessore della gola pieno.

Per gli EXC3 ed EXC4 e per l'EXC2, se specificato, devono essere utilizzati pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per le saldature trasversali di testa a piena penetrazione. Se specificato per gli elementi EXC2, EXC3 ed EXC4, devono essere utilizzati pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per le saldature di testa longitudinali a piena penetrazione o le saldature di testa a penetrazione parziale (trasversali o longitudinali). La saldabilità di questi pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura non deve essere minore di quella del metallo base.

Dopo il completamento delle saldature, devono essere rimossi tutti i pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura o il materiale supplementare e la loro rimozione deve essere conforme al punto 7.5.6.

La specifica di esecuzione deve specificare se l'eccesso di metallo saldato deve essere rimosso su una superficie a filo.

7.5.9.2 Saldature su un solo lato

Le saldature a piena penetrazione su un lato possono essere prodotte con o senza supporto metallico o non metallico.

Se non diversamente specificato, è possibile utilizzare materiale di supporto di acciaio permanente. I requisiti per il suo utilizzo devono essere compresi nel WPS.

Se si utilizza un supporto di acciaio, questo deve avere un valore in carbonio equivalente (Carbon Equivalent Value - CEV) non superiore allo 0,43% o essere dello stesso materiale del metallo base più saldabile che deve essere unito mediante saldatura.

I materiali di supporto devono essere fissati saldamente al metallo base e dovrebbero preferibilmente essere continui per tutta la lunghezza del giunto. Per le classi EXC3 ed EXC4, il supporto metallico permanente deve essere realizzato in modo continuo per mezzo di saldature di testa a penetrazione totale. Le saldature di puntatura devono essere comprese nelle saldature di testa.

Se non diversamente specificato, non è consentita la rettifica a filo di saldature di testa monofaccia in giunzioni tra sezioni cave eseguite senza supporto; se tali saldature sono completamente supportate, possono essere rettificate a filo con il profilo superficiale generale del metallo base.

7.5.9.3 Scriccatura al rovescio

La scriccatura deve essere effettuata ad una profondità sufficiente ad eliminare imperfezioni inaccettabili nel metallo saldato.

La scriccatura al rovescio deve produrre un contorno a scanalatura a U unica le cui facce fuse sono prontamente accessibili per la saldatura.

7.5.10 Saldature su acciaio con una resistenza alla corrosione atmosferica migliorata

Le saldature su acciai con migliore resistenza agli agenti atmosferici devono essere effettuate utilizzando adeguati materiali di apporto per saldatura (vedere prospetto 6). Come ulteriore opzione, i materiali di apporto C-Mn possono essere utilizzati per il corpo di una saldatura d'angolo o di testa multi passata, a condizione che le passate al vertice e/o la piegatura superficiale siano realizzati con materiali di apporto adatti.

7.5.11 Collegamenti di derivazione

I collegamenti di derivazione in strutture a traliccio a sezione cava, che utilizzano giunti saldati combinati (saldatura d'angolo e saldatura di testa su un solo lato), possono essere saldati senza supporto.

Nota Le raccomandazioni per l'esecuzione dei collegamenti di derivazione sono indicate nell'appendice E.

7.5.12 Saldatura di prigionieri

La saldatura di prigionieri deve essere effettuata in conformità alla EN ISO 14555.

Le prove del procedimento effettuate in conformità alla EN ISO 14555 devono essere coerenti con l'applicazione.

Nota Per esempio, la prova di procedura può richiedere la saldatura di prigionieri attraverso lamiere per impalcati zincate.

7.5.13 Saldature in asola e in foro

I fori per le saldature in asola e in foro devono essere proporzionati in modo che sia possibile fornire un accesso adeguato per la saldatura. Le dimensioni devono essere specificate.

Nota Le dimensioni adatte sono:

1) larghezza: almeno 8 mm in più rispetto allo spessore della parte che la contiene;
2) lunghezza del foro allungato: il valore minore tra 70 mm e cinque volte lo spessore della lastra.

Le saldature in foro devono essere eseguite solo su saldature in asola dopo aver controllato che la saldatura d'angolo nella scanalatura sia soddisfacente. Se non diversamente specificato, non sono consentite saldature in asola senza aver prima saldato le scanalature.

7.5.14 Altri tipi di saldatura

I requisiti per gli altri tipi di saldatura, per esempio le saldature di tenuta, devono essere specificati ed essere soggetti agli stessi requisiti di saldatura specificati nella presente norma europea.

7.5.15 Trattamento termico post-saldatura

Se è necessario un trattamento termico dei componenti saldati, deve essere dimostrato che le procedure utilizzate sono appropriate.

Nota La guida ai requisiti di qualità per il trattamento a caldo è indicata nella EN ISO 17663.

7.5.16 **Esecuzione di saldature**

Devono essere prese precauzioni per evitare archi voltaici e, se si verificano archi voltaici all'esterno della faccia fusa di saldatura, la superficie dell'acciaio deve essere leggermente rettificata e controllata. Il controllo visivo dei tipi di acciaio ≥ S460 e di altri tipi, se specificato, dovrebbe essere integrato da esame con liquidi penetranti o controllo con particelle magnetiche.

Devono essere prese precauzioni per ridurre al minimo gli spruzzi di saldatura. Se non diversamente specificato, per gli acciai di tipo ≥ S460 gli spruzzi devono essere rimossi.

Le imperfezioni visibili, quali cricche, cavità e altre imperfezioni non ammesse, devono essere rimosse da ciascuna passata prima di procedere alla deposizione di altre passate.

Tutte le scorie devono essere rimosse dalla superficie di ciascuna passata prima di ogni passata successiva e dalla superficie della saldatura finita. Particolare attenzione deve essere prestata alle giunzioni tra la saldatura e il metallo base.

Devono essere specificati tutti i requisiti per la rettifica e la sbavatura della superficie delle saldature completate.

7.5.17 **Saldatura di impalcati per ponti ortotropi**

Le prove di produzione devono essere effettuata secondo il punto 12.4.4 c). Non sono richieste prove di produzione per il collegamento tra irrigidimenti e lamiere per impalcato al piano esterno della carreggiata (cordoli) senza carico veicolare.

Per i collegamenti tra irrigidimenti e lamiere per impalcato e le saldature locali, per esempio per i collegamenti tra irrigidimento e irrigidimento con piastre di giunzione, gli avviamenti e le fermate devono essere rimossi.

Per i collegamenti tra irrigidimento e traversa con irrigidimenti che attraversano la traversa con o senza fori di accesso all'anima, in un primo momento gli irrigidimenti devono essere saldati alla lamiera per impalcato e successivamente le traverse devono essere assemblate e saldate.

7.6 Criteri di accettazione

7.6.1 Requisiti ordinari

I materiali saldati devono essere conformi ai requisiti specificati nei punti 10 e 11.

Se non diversamente specificato, per EXC1, EXC2 e EXC3 i criteri di accettazione delle imperfezioni di saldatura devono essere i seguenti, con riferimento alla EN ISO 5817:2014, ad eccezione di "bordo del cordone difettoso" (505) e "micro mancanza di fusione" (401), che non devono essere presi in considerazione. Devono essere presi in considerazione eventuali requisiti aggiuntivi specificati per la geometria e il profilo di saldatura:

a) EXC1 livello di qualità D fatta eccezione per il livello di qualità C per "Gola insufficiente" (5213);

b) EXC2 livello di qualità C fatta eccezione per il livello di qualità D per "Sovrapposizione" (506), "Arco di dispersione" (601) e "Tubo terminale del cratere" (2025) e per il livello di qualità B per "Gola insufficiente" (5213);

c) EXC3 livello di qualità B.

Nota Le saldature nei collegamenti progettati secondo la EN 1993-1-8 generalmente richiedono il livello di qualità definito per EXC2.

Per l'EXC4 la saldatura deve essere conforme almeno ai requisiti dell'EXC3. Devono essere specificati requisiti aggiuntivi relativi alle saldature individuate.

7.6.2 Requisiti di fatica

Se non diversamente specificato, per le saldature soggette a fatica progettate secondo la EN 1993-1-9, la specifica di esecuzione deve specificare i criteri di accettazione pertinenti in termini di categoria di particolare (DC) per la posizione del giunto saldato.

Per gli EXC2, EXC3 ed EXC4, in aggiunta ai criteri specificati al punto 7.6.1, i criteri di accettazione per le saldature possono essere specificati come segue in conformità all'appendice C della EN ISO 5817:2014:

a) DC non maggiore di 63: livello di qualità C 63;

b) DC oltre 63 e non maggiore di 90: livello di qualità B 90;

c) DC oltre 90 e non maggiore di 125: livello di qualità B 125.

La specifica di esecuzione deve specificare i requisiti di esecuzione che sono necessari per soddisfare i requisiti di esecuzione indicati nei prospetti da 8.1 a 8.8 della EN 1993-1-9:2005 e/o nell'appendice C della EN 1993-2:2006.

7.6.3 Impalcati per ponti ortotropi

Se specificato nella specifica di esecuzione, le saldature sugli impalcati per ponti ortotropi, come illustrato nel prospetto 8.8 della EN 1993-1-9:2005, devono essere conformi ai requisiti del punto 7.6.1 insieme ai requisiti della EN 1993-2:2006.

7.7 Saldatura degli acciai inossidabili

Devono essere specificati i requisiti per la saldatura di diversi tipi di acciaio inossidabile, tra loro o con altri acciai, come gli acciai al carbonio.

Il coordinatore della saldatura deve tenere conto delle tecniche di saldatura, dei processi di saldatura e dei materiali di apporto per saldatura appropriati. I problemi associati alla contaminazione dell'acciaio inossidabile e alla corrosione galvanica dovrebbero essere considerati con attenzione.

8 ELEMENTI DI COLLEGAMENTO MECCANICI

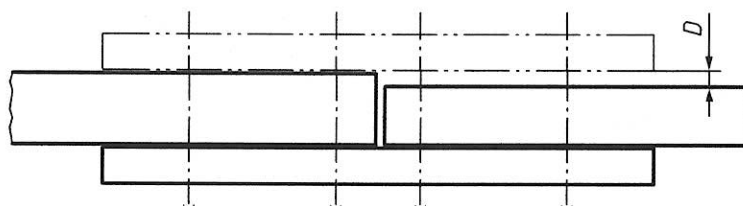
8.1 Generalità

Il presente punto tratta i requisiti per il collegamento in officina e in cantiere.

I componenti separati che fanno parte di una piegatura comune non devono presentare differenze di spessore maggiori di *D*, dove *D* è generalmente di 2 mm e 1 mm nelle applicazioni precaricate (vedere figura 3). Se sono previste piastre di tenuta d'acciaio per garantire che la differenza di spessore non ecceda il limite di cui sopra, il loro spessore non deve essere minore di 1 mm.

In caso di esposizione grave, per evitare la corrosione da cavità può essere richiesto un contatto più stretto.

Lo spessore delle piastre deve essere scelto in modo da limitare il numero delle piastre di tenuta a un massimo di tre.

figura 3 **Differenza di spessore tra i componenti di una piegatura comune**

Le piastre di tenuta devono avere un comportamento alla corrosione e una resistenza meccanica compatibili con i componenti della piastra adiacente nel collegamento. Si deve tenere pienamente conto del rischio e delle implicazioni della corrosione galvanica derivanti dal contatto di metalli dissimili.

8.2 Utilizzo degli assiemi di bulloneria

8.2.1 Generalità

Il presente punto si riferisce agli assiemi di bulloneria specificati al punto 5.6, costituiti da bulloni, dadi e rondelle corrispondenti (se necessario).

Deve essere specificato se, in aggiunta al serraggio, devono essere utilizzate altre misure o dispositivi per fissare l'assieme di bulloneria.

I collegamenti imbullonati con un piccolo rapporto tra le lunghezze dei morsetti e il diametro del bullone soggetti a vibrazioni significative, come per esempio le rastrelliere di immagazzinamento, devono utilizzare un metodo di bloccaggio.

Se non diversamente specificato, i gruppi precaricati non richiedono dispositivi di bloccaggio aggiuntivi.

Se non diversamente specificato, viti e dadi non devono essere saldati. Questa limitazione non si applica ai dadi a saldare speciali, per esempio, secondo la EN ISO 21670 o ai prigionieri saldabili.

8.2.2 Bulloni

Il diametro nominale dell'elemento di collegamento utilizzato per l'imbullonamento strutturale deve essere almeno M12, se non diversamente specificato insieme ai requisiti associati.

La lunghezza del bullone deve essere scelta in modo tale che dopo il serraggio, oltre alla faccia del dado e alla lunghezza della filettatura, siano soddisfatti i seguenti requisiti per la sporgenza dell'estremità del bullone.

La lunghezza della sporgenza deve essere almeno pari alla lunghezza di un passo della filettatura misurata dalla faccia esterna del dado o di dispositivi di bloccaggio aggiuntivi all'estremità del bullone per gli assiemi precaricati e non precaricati.

Se è previsto che un collegamento utilizzi la capacità di taglio del gambo non filettato dei bulloni, devono essere specificate le dimensioni dei bulloni per tener conto delle tolleranze sulla lunghezza della parte non filettata.

Per i bulloni non precaricati, almeno una filettatura completa (in aggiunta all'eccentricità della filettatura) deve rimanere vuota tra la faccia di appoggio del dado e la parte non filettata del gambo.

Per gli assiemi di bulloneria precaricati in conformità alla serie EN 14399, le lunghezze dei morsetti e delle impugnature devono essere scelte in conformità alle norme di prodotto pertinenti.

Le lunghezze nominali dei morsetti riportate nel prospetto e le lunghezze dei morsetti della serie EN 14399 tengono conto del fatto che tra la superficie di appoggio del dado e la parte non filettata del gambo negli assiemi secondo la EN 14399-4 e la EN 14399-8 devono rimanere libere nominalmente almeno due filettature complete e negli assiemi secondo la EN 14399-3, EN 14399-7 e la EN 14399-10 nominalmente almeno quattro filettature complete.

8.2.3 Dadi

I dadi devono scorrere liberamente sulla vite calibrata, condizione facilmente controllabile durante il montaggio manuale. Qualsiasi assieme di dado e vite nel quale il dado non scorre liberamente deve essere scartato. Se si utilizza un utensile elettrico, è possibile effettuare uno dei due controlli seguenti:

a) per ogni lotto di assiemi di bulloneria di nuova fabbricazione, la compatibilità può essere controllata manualmente prima dell'installazione;

b) per gli assiemi di bulloneria montati, ma prima del serraggio, i dadi campione possono essere controllati manualmente per verificarne l'effettiva rotazione dopo l'allentamento iniziale.

I dadi devono essere assemblati in modo che i loro contrassegni di designazione siano visibili dopo il montaggio.

8.2.4 Rondelle

Se non diversamente specificato, le rondelle non sono richieste per l'utilizzo con assiemi di bulloneria non precaricati in normali fori circolari. Se richiesto, va specificato se le rondelle devono essere collocate sotto il dado o la testa del bullone, a seconda della rotazione, o entrambe. Se non diversamente specificato, per collegamenti a sovrapposizione singola con una sola fila di bulloni, sono necessarie rondelle sia sotto la testa del bullone sia sotto il dado.

Nota L'utilizzo di rondelle può ridurre i danni locali ai rivestimenti metallici, in particolare se si tratta di rivestimenti spessi.

Le rondelle utilizzate sotto le teste dei bulloni precaricati devono essere smussate secondo la EN 14399-6 e posizionate con la smussatura verso la testa del bullone. Le rondelle secondo la EN 14399-5 devono essere utilizzate solo sotto i dadi. Per i bulloni precaricati devono essere utilizzate rondelle piane (o, se necessario, rondelle coniche temprate) come indicato di seguito:

a) per i bulloni 8.8 deve essere utilizzata una rondella sotto la testa del bullone o il dado, a seconda di quale dei due deve essere ruotato;

b) per i bulloni 10.9 utilizzati con l'acciaio tipo S235, devono essere utilizzate rondelle sia sotto la testa del bullone sia sotto il dado;

c) a meno che non sia specificato l'utilizzo di rondelle sotto la testa del bullone e il dado, per i bulloni 10.9 utilizzati con tipi di acciaio maggiori di S235 devono essere utilizzate rondelle sotto la testa del bullone o del dado, a seconda di quale dei due deve essere ruotato.

La regolazione consentita della lunghezza dell'impugnatura per assiemi di bulloneria precaricati e non precaricati è indicata nel prospetto 16.

Se non diversamente specificato, per i collegamenti con fori scanalati e sovradimensionati devono essere utilizzate le rondelle per lamiera secondo il punto 5.6.9.3.

prospetto 16 **Regolazione ammessa della lunghezza dell'impugnatura per assiemi di bulloneria precaricati e non precaricati**

Assiemi di bulloneria precaricati[a)]	Assiemi di bulloneria non precaricati
In aggiunta alla(e) rondella(e) minima(e) specificata(e), è possibile utilizzare fino a due rondelle[b)] aggiuntive o una rondella per lamiera oppure una rondella[b)] e una rondella per lamiera. Lo spessore combinato delle rondelle[b)] aggiuntive non deve essere maggiore di 12 mm.	In aggiunta alle rondelle minime specificate, è possibile utilizzare fino a tre rondelle o due rondelle e una rondella per lamiera o una rondella e una rondella per lamiera oppure una rondella per lamiera. Lo spessore combinato delle rondelle aggiuntive non deve essere maggiore di 12 mm.

a) Per gli assiemi di bulloneria precaricati serrati con il metodo di controllo della coppia (compreso il sistema HRC), è possibile utilizzare una sola rondella per lamiera aggiuntiva sul lato ruotato. Una rondella per lamiera aggiuntiva o una rondella aggiuntiva possono essere collocate sul lato non ruotato.

b) Rondelle in conformità alla EN 14399-5 o alla EN 14399-6 come appropriato. Le rondelle secondo la EN 14399-5 non devono essere utilizzate per gli assiemi secondo la EN 14399-4 e la EN 14399-8.

Se si utilizzano rondelle aggiuntive o rondelle per lamiera, si dovrebbero controllare i particolari del collegamento per accertarsi che il piano di taglio per i bulloni con gambo non sia stato spostato nella parte filettata del bullone.

Devono essere specificate le dimensioni e i tipi di acciaio delle rondelle per lamiera. Non devono essere più sottili di 4 mm.

Devono essere utilizzate rondelle coniche se la superficie del prodotto costituente forma un angolo con un piano perpendicolare all'asse del bullone di più di:

a) 1/20 (3°) per bulloni con $d \leq 20$ mm;

b) 1/30 (2°) per bulloni con $d > 20$ mm.

8.3 Serraggio degli assiemi di bulloneria non precaricati

I componenti connessi devono essere collegati tra loro in modo da ottenere un contatto stabile.

Per la regolazione si possono utilizzare degli spessori. Per i prodotti costituenti con $t \geq 4$ mm per le piastre e le lamiere e $t \geq 8$ mm per le sezioni, a meno che non sia specificato un appoggio a contatto completo, si possono lasciare interstizi vuoti residui fino a 4 mm sui bordi a condizione che nella parte centrale di un collegamento sia realizzato l'appoggio a contatto.

Ciascun assieme di bulloneria deve essere portato almeno a una condizione di serraggio stretto, prestando particolare attenzione a non stringere eccessivamente i bulloni, specialmente quelli corti, e gli M12. Il processo di serraggio deve essere effettuato da un bullone all'altro del gruppo, partendo dalla parte più rigida del collegamento e spostandosi progressivamente verso la parte meno rigida. Per ottenere una condizione di serraggio stretto uniforme, può essere necessario più di un ciclo di serraggio.

Nota 1 La parte più rigida di un collegamento della piastra di connessione di una sezione ad I si trova comunemente al centro del gruppo di bulloni di collegamento. Le parti più rigide dei collegamenti delle piastre terminali delle sezioni ad I si trovano di solito accanto alle flange.

Nota 2 Il termine "serraggio stretto" può essere generalmente considerato come quello ottenibile con sforzo da un uomo che utilizza una chiave di dimensioni normali senza un braccio di prolunga, e può essere impostato come il punto in cui una chiave a percussione inizia a martellare.

8.4 Preparazione delle superfici di contatto in collegamenti resistenti allo scivolamento

Il presente punto non si applica agli acciai inossidabili per i quali deve essere specificato qualsiasi requisito relativo alle superfici di contatto. Il presente punto non riguarda la protezione contro la corrosione, i cui requisiti sono specificati nel punto 10 e nell'appendice F.

Deve essere specificata l'area delle superfici di contatto dei collegamenti precaricati resistenti allo scivolamento.

Il trattamento della superficie che si può supporre fornisca il fattore di scorrimento minimo secondo la classe specificata di superficie di attrito senza prova è indicato nel prospetto 17.

prospetto 17 **Classificazioni che si possono ipotizzare per le superfici di attrito**

Trattamento della superficie	Classe[a)]	Fattore di scorrimento μ [b)]
Superfici sabbiate con pallini o graniglia con ruggine libera rimossa, non vaiolate.	A	0,50
Superfici zincate per immersione a caldo secondo la EN ISO 1461 e sabbiate a fiamma (sweep) [c)] e con vernice al silicato di zinco-alcalino con spessore nominale di 60 µm [d)].	B	0,40
Superfici sabbiate con pallini o graniglia: a) rivestite con vernici a base di silicato alcalino e zinco dello spessore nominale di 60 µm [d)]; b) spruzzate termicamente con alluminio o zinco o una combinazione di entrambi, di spessore nominale non maggiore di 80 µm.	B	0,40
Superfici zincate per immersione a caldo secondo la EN ISO 1461 e sabbiate a fiamma (sweep) (o metodo di abrasione equivalente) [c)]	C	0,35
Superfici pulite con spazzolatura a filo o con pulizia a fiamma, con rimozione della ruggine libera	C	0,30
Superfici come laminate	D	0,20

a) Classi come indicate al punto G.6.
b) In questi valori del fattore di scorrimento si tiene conto della potenziale perdita di forza di precarico rispetto al valore iniziale.
c) A meno che non sia possibile dimostrare una capacità di abrasione alternativa equivalente, la sabbiatura a caldo (sweep) delle superfici zincate per immersione a caldo deve essere effettuata secondo le procedure e le condizioni stabilite nella EN 15773. Dopo la sabbiatura a caldo (sweep) la comparsa di una superficie opaca indica che è stato rimosso uno strato superficiale morbido di zinco non legato.
d) Lo spessore a secco deve essere compreso nell'intervallo tra 40 µm e 80 µm.

I presenti requisiti si applicano anche alle piastre di tenuta fornite per compensare le differenze di spessore come specificato al punto 8.1.

In caso contrario, il fattore di scorrimento, che deve essere determinato mediante prova come specificato nell'appendice G, e le superfici di contatto devono essere preparati in conformità ai campioni sottoposti a prova.

Prima dell'assemblaggio si devono adottare le seguenti precauzioni:

a) le superfici di contatto devono essere prive di ogni contaminante, come olio, sporcizia o vernice. Devono essere rimosse le sbavature che potrebbero impedire il corretto posizionamento degli elementi di collegamento;

b) le superfici non rivestite devono essere liberate da tutte le pellicole di ruggine e gli altri materiali staccati. Si deve avere cura di non danneggiare il contenitore o a non rendere liscia la superficie rugosa. Le aree non trattate attorno al perimetro del collegamento serrato devono essere lasciate tali fino al completamento di qualsiasi ispezione del collegamento;

c) non dovrebbero essere presenti rivestimenti superficiali spessi tra le rondelle e le superfici collegate (vedere appendice I).

8.5 Serraggio degli assiemi di bulloneria precaricati

8.5.1 Generalità

Se non diversamente specificato, si deve considerare la forza nominale minima di precarico $F_{p,C}$ specificata nel prospetto 18:

$$F_{p,C} = 0,7\, f_{ub}\, A_s \quad (1)$$

dove:

f_{ub} è la resistenza nominale finale del materiale del bullone secondo la definizione della EN 1993-1-8;

A_s è l'area sollecitata del bullone.

Questo livello di precarico deve essere utilizzato per tutti i collegamenti precaricati resistenti allo scivolamento e per tutti gli altri collegamenti precaricati, a meno che non sia specificato un livello di precarico minore. In quest'ultimo caso, devono essere specificati anche gli assiemi di bulloneria, il metodo di serraggio, i parametri di serraggio e i requisiti di ispezione.

Nota Il precarico può essere utilizzato per la resistenza allo scivolamento, per i collegamenti sismici, per la resistenza alla fatica, per l'esecuzione o come misura di qualità (per esempio per la durabilità).

prospetto 18 **Valori della forza nominale minima di precarico $F_{p,C}$ in [kN]**

Classe di proprietà	Diametro del bullone in mm									
	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
8.8	47	65	88	108	137	170	198	257	314	458
10.9	59	81	110	134	172	212	247	321	393	572

Si può ricorrere a uno dei quattro metodi di serraggio indicati ai punti da 8.5.3 a 8.5.6, a meno che non siano specificate le restrizioni di utilizzo. La classe k (allo stato di fornitura secondo la EN 14399) dell'assieme di bulloneria deve essere in conformità al prospetto 19 per il metodo utilizzato.

prospetto 19 **Classi k per i metodi di serraggio**

Metodo di serraggio	Classi k
Metodo della coppia (vedere punto 8.5.3)	K2
Metodo combinato (vedere punto 8.5.4)	K2 o K1
Metodo di serraggio HRC (vedere punto 8.5.5)	K0 con solo dado HRD o K2
Metodo dell'indicatore di tensione diretta (DTI) (vedere punto 8.5.6)	K2, K1 o K0

Per i metodi della coppia e di serraggio HRC, il coefficiente di variazione degli assiemi di bulloneria *k*-fattore (V_k secondo la EN 14399-1) o per il valore *Fr*-factor dell'assieme di bulloneria (V_{Fr} secondo la EN 14399-10) deve essere ≤ 0,06.

In alternativa, è possibile utilizzare la taratura di cui all'appendice H, ad eccezione del metodo della coppia, a meno che ciò non sia ammesso nella specifica di esecuzione.

La taratura allo stato di fornitura è valida per il serraggio mediante rotazione del dado. Se il serraggio si verifica mediante rotazione della testa del bullone, la taratura deve essere effettuata secondo l'appendice H o in caso contrario mediante prove supplementari in conformità alla EN 14399-2.

Prima dell'inizio del precarico, i componenti collegati devono essere montati insieme e i bulloni di un gruppo di bulloni devono essere serrati in conformità al punto 8.3, ma l'interstizio residuo deve essere limitato a 2 mm con le necessarie azioni correttive sui componenti di acciaio.

Il serraggio deve essere effettuato ruotando il dado, a meno che l'accesso al lato del dado del gruppo non sia inadeguato. A seconda del metodo di serraggio adottato, può essere necessario adottare precauzioni speciali quando i bulloni sono serrati ruotando la testa del bullone.

Sia nella prima che nella fase finale di serraggio, il serraggio deve essere effettuato progressivamente passando dalla parte più rigida del giunto alla parte meno rigida. Per ottenere un precarico uniforme, può essere necessario più di un ciclo di serraggio.

Le chiavi dinamometriche utilizzate in tutte le fasi del metodo della coppia devono essere in grado di avere un'accuratezza di ± 4% secondo la EN ISO 6789 (tutte le parti). Ogni chiave deve essere sottoposta a manutenzione in conformità alla norma EN ISO 6789 (tutte le parti) e, nel caso di chiavi pneumatiche, deve essere controllata ogni volta che si cambia la lunghezza del tubo flessibile. Per le chiavi dinamometriche utilizzate nella prima fase del metodo combinato, questi requisiti sono modificati di ± 10% per l'accuratezza e annualmente per la periodicità.

Il controllo deve essere effettuato dopo qualsiasi incidente che si verifichi durante l'utilizzo (urto significativo, caduta, sovraccarico, ecc.) e che interessi la chiave.

Altri metodi di serraggio (per esempio precarico assiale mediante dispositivi idraulici o tensionamento con controllo a ultrasuoni) devono essere tarati in conformità alle raccomandazioni del fabbricante dell'attrezzatura.

Gli assiemi di bulloneria ad alta resistenza per il precarico devono essere utilizzati senza modificare la lubrificazione allo stato di fornitura, a meno che non si adotti il metodo DTI o la procedura di cui all'appendice H.

Se un assieme di bulloneria è stato serrato al precarico minimo (vedere prospetto 18) e successivamente allentato, esso deve essere rimosso e l'intero insieme deve essere scartato.

Gli assiemi di bulloneria utilizzati per ottenere la posa in opera iniziale non dovrebbero in genere essere serrati al precarico minimo o allentati, e potrebbero quindi essere ancora utilizzabili nel processo di fissaggio finale.

Se il processo di serraggio è ritardato in condizioni di esposizione incontrollate, le prestazioni della lubrificazione possono essere alterate e dovrebbero essere controllate.

La potenziale perdita di forza di precarico rispetto al valore iniziale dovuta a diversi fattori, per esempio rilassamento o scorrimento dei rivestimenti superficiali, è considerata nei metodi di serraggio specificati di seguito, ad eccezione dei rivestimenti superficiali spessi. Per i rivestimenti superficiali spessi, la potenziale perdita di precarico può essere valutata utilizzando l'appendice I. Nel caso di rivestimenti superficiali spessi, deve essere specificato se devono essere adottate misure aggiuntive per compensare l'eventuale perdita di forza di precarico.

8.5.2 Valori di riferimento della coppia

Per il metodo di coppia e la coppia di pre-serraggio del metodo combinato, i valori di coppia di riferimento $M_{r,i}$ da utilizzare per una forza nominale minima di precarico $F_{p,C}$ sono determinati per ogni tipo di combinazione di vite e dado utilizzata da una delle seguenti opzioni:

a) valori basati sulla classe *k* dichiarati dal fabbricante dell'elemento di collegamento in conformità alle parti pertinenti della serie EN 14399:

1) $M_{r,2} = k_m\ d\ F_{p,C}$ con km per la classe *k* tipo K2;

2) $M_{r,1} = 0{,}125\ d\ F_{p,C}$ per la classe *k* tipo K1.

b) valori determinati secondo l'appendice H:

$M_{r,test} = M_m$ con M_m determinato secondo la procedura pertinente al metodo di serraggio da utilizzare.

8.5.3 Metodo della coppia

Gli assiemi di bulloneria devono essere serrati utilizzando una chiave dinamometrica che offra un campo di funzionamento adatto. È possibile utilizzare chiavi manuali o elettriche. Le chiavi a percussione possono essere utilizzate per la prima fase di serraggio di ogni bullone.

La coppia di serraggio deve essere applicata in modo continuo e uniforme.

Il serraggio con il metodo della coppia di serraggio comprende almeno le due fasi seguenti:

a) una prima fase di serraggio: la chiave deve essere impostata a un valore di coppia di circa 0,75 $M_{r,i}$ con $M_{r,i} = M_{r,2}$ o $M_{r,test}$. Questa prima fase deve essere completata per tutti i bulloni di un collegamento prima dell'inizio della seconda fase;

b) una seconda fase di serraggio: la chiave deve essere impostata a un valore di coppia di 1,10 $M_{r,i}$ con $M_{r,i} = M_{r,2}$ o $M_{r,test}$.

Nota L'utilizzo del coefficiente 1,10 con $M_{r,2}$ è equivalente a 1/(1 - 1,65 V_k) con V_k o V_{Fr} = 0,06 per la classe *k* tipo K2 in combinazione con i $V_{k.tools}$. Vedere EN 14399-1 per il coefficiente di variazione dei fattori V_k e V_{Fr}. $V_{k.tools}$ è il coefficiente di variazione associato alla taratura degli utensili utilizzati nella metodologia di serraggio.

8.5.4 Metodo combinato

Il serraggio mediante il metodo combinato comprende due fasi:

a) una prima fase di serraggio, utilizzando una chiave dinamometrica che offra un campo di funzionamento adatto. La chiave deve essere impostata a un valore di coppia di circa 0,75 $M_{r,i}$ con $M_{r,i} = M_{r,2}$ o $M_{r,1}$ oppure $M_{r,test}$. Questa prima fase deve essere completata per tutti i bulloni di un collegamento prima dell'inizio della seconda fase. Quando si utilizza $M_{r,1}$, per la semplificazione si può utilizzare 0,75 $M_{r,1} = 0{,}094\ d\ F_{p,C}$ come indicato nel prospetto 20, se non diversamente specificato;

prospetto 20 **Momento torcente 0,75 $M_{r,1}$ [Nm] per la prima fase del metodo combinato**

Classe di proprietà	Diametro del bullone in mm									
	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
8.8	53	85	132	182	258	351	446	652	886	1548
10.9	67	106	165	227	322	439	557	815	1107	1935

b) una seconda fase di serraggio in cui una determinata rotazione della parte è applicata alla parte ruotata dell'assieme. La posizione del dado rispetto alle filettature dei bulloni deve essere riportata dopo la prima fase, utilizzando una matita o una vernice per marcare, in modo da poter determinare facilmente la rotazione finale del dado rispetto alla filettatura in questa seconda fase. Se non diversamente specificato, la seconda fase deve essere in conformità ai valori del prospetto 21.

prospetto 21 **Rotazione aggiuntiva per la seconda fase del metodo combinato (bulloni 8.8 e 10.9)**

Spessore nominale totale "t" dei pezzi da collegare (compresi tutti i pacchi e le rondelle) d= diametro del bullone	Ulteriore rotazione da applicare, durante la seconda fase di serraggio	
	Gradi	Rotazione parziale
$t < 2d$	60	1/6
$2d \leq t < 6d$	90	1/4
$6d \leq t \leq 10d$	120	1/3

Nota Se la superficie sotto la testa o il dado del bullone (tenendo conto delle rondelle coniche, se utilizzate) non è perpendicolare all'asse del bullone, l'angolo di rotazione richiesto dovrebbe essere determinato mediante prova

8.5.5 Metodo HRC

I bulloni HRC devono essere serrati utilizzando una rivettatrice specifica dotata di due boccole coassiali che reagiscono tra loro con una coppia di serraggio adeguata. La boccola esterna, che innesta il dado, ruota in senso orario. La boccola interna, che innesta l'estremità scanalata del bullone, ruota in senso antiorario.

Nota 1 La rivettatrice funziona come segue:

- durante le operazioni di serraggio di un assieme, la boccola in rotazione è quella che incontra la minore resistenza alla rotazione;
- dall'inizio fino all'ultima fase di serraggio, la boccola esterna del dado ruota in senso orario mentre la boccola interna trattiene l'estremità scanalata senza ruotare, con il risultato che l'assieme di bulloneria è progressivamente serrato dalla coppia crescente applicata al dado;
- all'ultima fase di serraggio, cioè quando si raggiunge il valore limite di resistenza alla torsione della sezione a strappo, la boccola interna ruota in senso antiorario, mentre la boccola esterna sul dado reagisce senza ruotare;
- l'installazione dell'assieme di bulloneria è completa quando l'estremità scanalata si stacca dalla sezione a strappo.

Il requisito di precarico specificato è controllato dal bullone HRC stesso per mezzo delle caratteristiche geometriche e meccaniche di torsione e delle condizioni di lubrificazione. L'attrezzatura non necessita di taratura.

Al fine di garantire che i precarichi negli assiemi di bulloneria completamente installati nei collegamenti soddisfino i requisiti minimi di precarico specificati, il processo di installazione dell'assieme di bulloneria comprende generalmente due fasi di serraggio, entrambe con l'utilizzo della rivettatrice.

La prima fase di serraggio si ottiene al più tardi quando la boccola esterna della rivettatrice smette di ruotare. Se specificato, questa prima fase è ripetuta ogni volta che è richiesta. Questa prima fase deve essere completata per tutti gli assiemi di bulloneria di un collegamento prima di dare inizio alla seconda fase.

Nota 2 La guida del fabbricante dell'attrezzatura può fornire informazioni aggiuntive su come identificare se si è effettuato un preserraggio, per esempio il cambiamento del suono della rivettatrice, o se altri metodi di preserraggio risultano idonei.

La seconda fase di serraggio si ottiene quando l'estremità scanalata del bullone si stacca dalla sezione a strappo.

Se le condizioni di montaggio sono tali da rendere impossibile l'utilizzo della rivettatrice sull'assieme di bulloneria HRC, per esempio per mancanza di spazio, il serraggio deve essere effettuato utilizzando una procedura in conformità al metodo della coppia di serraggio (vedere punto 8.5.3) con l'ausilio delle informazioni o delle prove della classe k tipo K2 secondo l'appendice I, oppure utilizzando un indicatore di tensione diretta (vedere punto 8.5.6).

8.5.6 **Metodo dell'indicatore di tensione diretta**

Questo punto si applica agli indicatori di tensione diretta in conformità alla EN 14399-9, che indicano che è stato raggiunto almeno il precarico minimo richiesto, monitorando il carico della vite. Non tratta gli indicatori che si basano sulla torsione. Non si applica alla misurazione diretta del precarico del bullone mediante l'utilizzo di strumenti idraulici.

Gli indicatori di tensione diretta e le rondelle associate devono essere assemblati come specificato nella EN 14399-9.

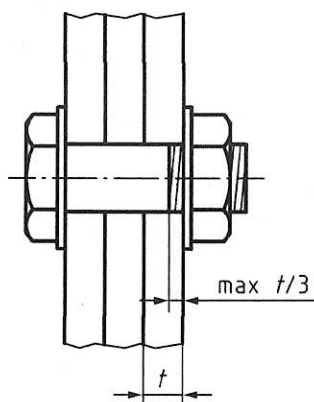
La prima fase del serraggio per raggiungere una condizione di "serraggio stretto" uniforme di un assieme di elementi di collegamento deve svolgersi quando inizia la deformazione iniziale delle sporgenze del DTI. Questa prima fase deve essere completata per tutti gli assiemi di bulloneria di un collegamento prima di dare inizio alla seconda fase.

La seconda fase di serraggio deve essere conforme alla EN 14399-9. Gli interstizi misurati sulla rondella di indicazione possono essere mediati per stabilire l'accettabilità dell'assieme di bulloneria.

8.6 **Viti calibrate**

In aggiunta ai requisiti che seguono, si applicano, dove opportuno, le disposizioni dei punti da 8.1 a 8.5.

La *lunghezza della parte filettata del gambo della vite calibrata* (compresa la parte terminale della filettatura) compresa nella lunghezza del supporto non deve essere maggiore di 1/3 dello spessore della piastra (t), se non diversamente specificato (vedere figura 4).

figura 4 **Parte filettata del gambo nella lunghezza del supporto per le viti calibrate**

Le viti calibrate devono essere installate senza esercitare una forza eccessiva e in modo tale che la loro filettatura non rimanga danneggiata.

8.7 **Rivettatura a caldo**

8.7.1 **Rivetti**

Ogni rivetto deve essere di lunghezza sufficiente a fornire una testa di dimensioni uniformi, un riempimento completo del foro e ad evitare la rigatura superficiale della macchina rivettatrice sulle facce esterne delle piegature.

8.7.2 **Installazione di rivetti**

I componenti collegati devono essere assemblati in modo tale da ottenere un contatto stabile e devono essere tenuti insieme durante la rivettatura.

L'eccentricità tra i fori comuni per lo stesso rivetto non deve essere maggiore di 1 mm. Per rispettare questo requisito, è ammessa l'alesatura. Dopo l'alesatura può essere necessario installare un rivetto di diametro maggiore.

Per i collegamenti a rivetti multipli, deve essere serrato un bullone temporaneo almeno ogni quattro fori prima dell'inserimento, che deve iniziare al centro del gruppo rivetti. Devono essere adottate misure speciali per tenere insieme i componenti di singoli collegamenti rivettati (per esempio, bloccaggio in morsetto).

Se praticabile, la rivettatura deve essere effettuata con macchine del tipo a pressione costante. Al termine della ricalcatura, la pressione di inserimento deve essere mantenuta sui rivetti per un breve periodo sufficiente a far sì che la testa sia nera quando si disinnesta la macchina.

Ciascun rivetto deve essere riscaldato uniformemente su tutta la sua lunghezza, senza bruciature o incrostazioni eccessive. Esso deve presentare un calore rosso vivo costante dalla testa al punto di inserimento e deve essere ricalcato per tutta la sua lunghezza a caldo, in modo da riempire completamente il foro. Si deve avere cura in particolare per il riscaldamento e l'inserimento dei rivetti lunghi.

Ogni rivetto deve essere liberato dalle incrostazioni battendo il rivetto caldo su una superficie dura dopo che lo si è riscaldato e prima di inserirlo in un foro.

Non si devono utilizzare rivetti bruciati. I rivetti riscaldati non utilizzati immediatamente non devono essere nuovamente riscaldati per l'utilizzo.

Se è prescritta una superficie a filo di rivetti svasati, il metallo sporgente del rivetto deve essere scheggiato o rettificato.

8.7.3 Criteri di accettazione

Le teste dei rivetti devono essere centrate. L'eccentricità della testa in relazione all'asse del gambo non deve essere maggiore di 0,15 d_0 dove d_0 è il diametro del foro.

Le teste dei rivetti devono essere ben formate e non presentare cricche o cavità.

I rivetti devono essere in contatto soddisfacente con le parti assemblate sia sulla superficie esterna delle piegature sia nel foro. Non devono essere rilevati movimenti o vibrazioni quando la testa del rivetto è picchiettata leggermente con un martello.

Un piccolo labbro ben formato e centrato può essere accettato se interessa solo un numero limitato di rivetti del gruppo.

La specifica di esecuzione può specificare che le superfici esterne delle piegature devono essere prive di rigature da parte della rivettatura.

Se sono specificati rivetti a testa svasata, le testine devono riempire completamente la svasatura dopo la rivettatura. Se la svasatura non è completamente riempita, il rivetto deve essere sostituito.

Qualsiasi rivetto che non rispetti i criteri di accettazione deve essere rimosso e sostituito da un nuovo rivetto.

8.8 Utilizzo di elementi di collegamento e metodi di collegamento speciali

Devono essere utilizzati elementi di collegamento speciali e metodi di collegamento speciali devono essere eseguiti in conformità alle raccomandazioni del fabbricante del prodotto e alle sezioni appropriate da 8.1 a 8.7. Questo si applica anche ai bulloni che collegano la carpenteria di acciaio ad altri materiali da costruzione, compresi i bulloni di fondazione ancorati chimicamente.

Nota 1 Esempi di metodi di collegamento speciali sono i fori maschiati speciali o i perni filettati.

Tali metodi devono essere utilizzati solo se specificati. Devono essere specificate tutte le prove di procedura richieste per l'utilizzo di elementi di collegamento speciali e i metodi di collegamento in applicazioni non precaricate o precaricate. Possono essere necessarie prove diverse da quelle specificate per i bulloni. La prova della procedura può essere evitata se sono fornite informazioni sufficienti sulle prove precedenti.

Si possono utilizzare fori filettati speciali o perni filettati come equivalenti all'utilizzo di un bullone secondo il punto 5.6.3, a condizione che i materiali, le forme e le tolleranze della filettatura siano conformi alle rispettive norme di prodotto.

Devono essere specificati i requisiti per l'utilizzo di bulloni a iniezione di resina.

Nota 2 L'appendice J fornisce informazioni sulla fornitura e sull'utilizzo di bulloni a iniezione di resina.

8.9 Grippaggio e sfregamento di acciai inossidabili

Il grippaggio può derivare dall'adesione locale e dalla rottura delle superfici sotto carico e dal movimento relativo durante il collegamento. In alcuni casi, possono verificarsi incollamenti e grippaggio della saldatura.

Per evitare problemi di grippaggio è possibile utilizzare i seguenti metodi:

a) possono essere utilizzati diversi tipi normati di acciaio inossidabile che variano in termini di incrudimento a freddo e durezza (per esempio, combinazione di bulloneria tipo A4-50/A4-80 in base alle EN ISO 3506-1 e EN ISO 3506-2);

b) in casi gravi, si può utilizzare una lega proprietaria di acciaio inossidabile ad alto incrudimento a freddo per rivestimenti monocomponenti o superficiali rigidi applicati in modo che la durezza delle superfici di contatto differisca di almeno 30 HV10, per esempio nitrurazione o cromatura;

c) agenti anti-grippaggio, come per esempio spruzzatura di film secco in PTFE;

d) utilizzare un acciaio inossidabile di tipo antigrippaggio (come S21800) per una o entrambe le superfici di accoppiamento.

Se si utilizzano metalli o rivestimenti diversi, è necessario garantire la resistenza alla corrosione richiesta.

Nota La lubrificazione dei bulloni è vantaggiosa, ma può provocare la contaminazione da sporcizia e può presentare problemi di immagazzinamento.

9 COSTRUZIONE

9.1 Generalità

Il presente punto fornisce i requisiti per la costruzione e gli altri lavori effettuati in cantiere, compresa l'iniezione di cemento nelle basi, nonché quelli pertinenti all'idoneità del cantiere per una costruzione sicura e per supporti accuratamente preparati.

I lavori eseguiti in cantiere, che comprendono la preparazione, la saldatura, gli elementi di collegamento meccanici e il trattamento della superficie, devono essere conformi ai punti 6, 7, 8 e 10, rispettivamente.

L'ispezione e l'accettazione della struttura devono essere eseguiti in conformità ai requisiti specificati nel punto 12.

9.2 Condizioni del cantiere

La costruzione non deve iniziare prima che il cantiere delle opere di costruzione sia conforme ai requisiti tecnici in materia di sicurezza delle opere, che devono tenere conto, se pertinenti, dei seguenti elementi:

a) messa a disposizione e manutenzione di gru e di attrezzature di accesso di tipo fisso;

b) vie di accesso al cantiere e all'interno dello stesso;

c) condizioni del suolo che influiscono sul funzionamento sicuro dell'impianto;

d) eventuale assestamento dei supporti di costruzione della struttura;

e) particolari relativi a servizi sotterranei, linee aeree oppure ostruzioni del cantiere;

f) limitazioni sulle dimensioni o sul peso dei componenti che possono essere forniti nel cantiere;

g) condizioni ambientali e climatiche particolari all'interno e all'esterno del cantiere;

h) caratteristiche delle strutture adiacenti che incidono sulle opere o sono interessate da esse.

Le vie di accesso al cantiere e all'interno del cantiere stesso dovrebbero essere indicate in una planimetria che mostri le dimensioni e il livello delle vie di accesso, il livello dell'area di lavoro preparata per il traffico e l'impianto nel cantiere e le aree disponibili per l'immagazzinamento.

Se le opere sono inter-collegate con altre attività, i requisiti tecnici relativi alla sicurezza dei lavori devono essere controllati per verificarne la coerenza con quelli delle altre parti delle opere di costruzione. Tale controllo deve tenere conto, se pertinente, dei seguenti elementi:

i) procedure prestabilite per la cooperazione con altri appaltatori;

j) disponibilità dei servizi nel cantiere;

k) carichi massimi di costruzione e di immagazzinamento consentiti sulla carpenteria di acciaio;

l) controllo della posa del calcestruzzo durante la costruzione dei composti.

Nota La EN 1991-1-6 fornisce le regole per determinare i carichi di costruzione e di immagazzinamento, compreso il calcestruzzo.

9.3 Metodi di costruzione

9.3.1 Base di progettazione per il metodo di costruzione

Se la stabilità strutturale in condizione parzialmente costruita non è evidente, deve essere fornito un metodo di costruzione sicuro sul quale si basa la progettazione. Questo metodo di costruzione basato sul progetto deve tenere conto dei seguenti elementi:

a) posizioni e tipi di collegamenti nel cantiere;

b) dimensioni, peso e posizione massimi del pezzo;

c) sequenza di costruzione;

d) concetto di stabilità della struttura parzialmente costruita, compresi eventuali requisiti relativi ai controventi temporanei o alla puntellatura;

e) puntellatura o altre misure per l'esecuzione di calcestruzzi scaglionati in più fasi per strutture composte;

f) condizioni per la rimozione di controventi o puntelli temporanei o qualsiasi requisito che provochi uno sgravio della sollecitazione o una sollecitazione della struttura;

g) dispositivi che potrebbero costituire un pericolo per la sicurezza durante la costruzione;

h) tempistica e metodo per la regolazione dei collegamenti delle fondazioni o degli appoggi e per l'iniezione di cemento;

i) centinatura e preimpostazioni richieste rispetto a quelli forniti in fase di produzione;

j) utilizzo di lamiere profilate di acciaio per garantire la stabilità;

k) utilizzo di lamiere profilate di acciaio per fornire la ritenzione laterale;

l) trasporto di unità, compresi gli attacchi per sollevamento, rotazione o traino;

m) posizioni e condizioni per il sostegno e il sollevamento;

n) concetto di stabilità per gli appoggi;

o) deformazioni della struttura parzialmente costruita;

p) assestamenti previsti dei supporti;

q) posizioni e carichi particolari di gru, componenti immagazzinati, contrappesi, ecc. per le varie fasi di costruzione;

r) istruzioni per la consegna, l'immagazzinamento, il sollevamento, la realizzazione e il pre-tensionamento delle funi sospese;

s) indicazione particolareggiata di tutte le opere temporanee e degli attacchi alle opere permanenti con le istruzioni relative alla loro rimozione.

9.3.2 Metodo di costruzione del costruttore

Deve essere elaborata una dichiarazione del metodo di costruzione del costruttore, che deve essere controllata in conformità alle regole di progettazione, in particolare in relazione alla resistenza della struttura parzialmente costruita ai carichi di costruzione e ad altri carichi.

La dichiarazione del metodo di costruzione può discostarsi dal metodo di costruzione di base di progetto, a condizione che si tratti di un'alternativa sicura.

Le modifiche alla dichiarazione del metodo di costruzione, comprese quelle rese necessarie dalle condizioni del cantiere, devono essere controllate e riesaminate in conformità ai requisiti di cui sopra.

La dichiarazione del metodo di costruzione deve descrivere le procedure da utilizzare per costruire la carpenteria di acciaio in condizioni di sicurezza e deve tener conto dei requisiti tecnici relativi alla sicurezza delle opere.

Le procedure dovrebbero essere collegate a istruzioni di lavoro specifiche.

La dichiarazione del metodo di costruzione deve riguardare tutti gli elementi pertinenti di cui al punto 9.3.1 e considerare inoltre gli elementi seguenti come pertinenti:

a) esperienza acquisita nel corso di qualsiasi costruzione di prova effettuata in conformità al punto 9.6.4;
b) dispositivi di ritenzione necessari per garantire la stabilità prima della saldatura e per controllare i movimenti locali del giunto;
c) dispositivi di sollevamento necessari;
d) necessità di marcare i pesi e/o i baricentri sui pezzi di grandi dimensioni o di forma irregolare;
e) rapporto tra i pesi da sollevare e il raggio di azione della gru da utilizzare;
f) identificazione delle forze di oscillazione o di capovolgimento, in particolare quelle dovute alle condizioni previste del vento nel cantiere durante la costruzione e metodi precisi per mantenere una resistenza idonea all'oscillazione e al capovolgimento;
g) metodi per far fronte ai pericoli per la sicurezza;
h) messa a disposizione di posti di lavoro sicuri e di mezzi sicuri di accesso agli stessi.

Inoltre, per le strutture composte di acciaio e calcestruzzo si applica quanto segue:

- la sequenza di fissaggio delle lamiere di acciaio profilate per lastre composte deve essere progettata in modo da garantire che le lamiere siano adeguatamente sostenute da travi portanti prima del fissaggio e siano fissate saldamente prima di essere utilizzate per accedere a posizioni di lavoro successive;
- le lamiere di acciaio profilate non dovrebbero essere utilizzate per accedere alla saldatura dei connettori a taglio a meno che non siano già fissate mediante elementi di collegamento adatti;
- la sequenza di posa in opera e metodo di fissaggio e sigillatura della cassaforma permanente per garantire la sicurezza della cassaforma stessa prima del suo utilizzo per le successive operazioni di costruzione e per l'armatura delle solette di sostegno e del calcestruzzo per impalcato.

I fattori associati con l'esecuzione delle opere di calcestruzzo dovrebbero essere considerati pertinenti, quali per esempio la sequenza di posa del calcestruzzo, la precompressione e la differenza di temperatura tra l'acciaio e il calcestruzzo appena posato, il rivestimento e i supporti.

9.4 Esame

9.4.1 Sistema di riferimento

Se non diversamente specificato, le misurazioni in cantiere delle opere devono riferirsi al sistema stabilito per la messa in opera e la misurazione delle opere di costruzione in conformità alla ISO 4463-1.

Deve essere fornita un'indagine documentata di una rete secondaria, che deve essere utilizzata come sistema di riferimento per la messa in opera della carpenteria di acciaio e la determinazione degli scostamenti tra i supporti. Le coordinate della rete secondaria indicate nell'indagine devono essere accettate come vere a condizione che soddisfino i criteri di accettazione specificati nella ISO 4463-1.

Deve essere specificata la temperatura di riferimento per la messa in opera e la misurazione della carpenteria di acciaio.

9.4.2 Punti di posizione

I punti di posizione, che marcano la posizione prevista per la costruzione dei singoli componenti, devono essere in conformità alla ISO 4463-1.

9.5 Supporti, ancoraggi e appoggi

9.5.1 Ispezione dei supporti

Lo stato e la posizione dei supporti devono essere controllati con appropriati mezzi visivi e di misurazione prima dell'inizio della costruzione.

Se i supporti non sono adatti alla costruzione, devono essere corretti prima dell'inizio della costruzione. Le non conformità devono essere documentate.

9.5.2 Messa in opera e idoneità dei supporti

Tutte le fondazioni, i bulloni di fondazione e gli altri supporti per la carpenteria di acciaio devono essere adeguatamente preparati per ricevere la struttura di acciaio. L'installazione di appoggi strutturali deve essere conforme ai requisiti della EN 1337-11.

La costruzione non deve iniziare finché la posizione e i livelli dei supporti, delle ancore o degli appoggi non siano conformi ai criteri di accettazione di cui al punto 11.2 o non sia stata emessa un'adeguata modifica dei requisiti specificati.

Il controllo di conformità utilizzato per controllare le posizioni dei supporti deve essere documentato.

Se i bulloni di fondazione ancorati a una griglia devono essere pre-tensionati, devono essere adottate disposizioni per fare in modo che il bullone non abbia alcuna adesione al calcestruzzo per tutta la sua lunghezza.

I bulloni di fondazione destinati a muoversi nei manicotti dovrebbero essere muniti di manicotti di diametro pari a tre volte quello del bullone con un minimo di 75 mm.

9.5.3 Mantenimento dell'idoneità dei supporti

Durante la costruzione, i supporti della carpenteria di acciaio devono essere mantenuti in condizioni equivalenti a quelle esistenti all'inizio della costruzione.

Le aree dei supporti che richiedono protezione contro la formazione di ruggine dovrebbero essere identificate e protette in modo adeguato.

Se non diversamente specificato, è accettabile una compensazione per l'assestamento dei supporti. Ciò deve essere fatto mediante iniezione di cemento o tenuta tra la carpenteria di acciaio e il supporto.

Nota La compensazione è generalmente posizionata sotto l'appoggio.

9.5.4 Supporti temporanei

Gli spessori e gli altri dispositivi di supporto utilizzati come supporti temporanei sotto le piastre di base devono presentare una superficie piana rispetto all'acciaio ed essere di dimensioni, resistenza e rigidità adatte a evitare lo schiacciamento locale del calcestruzzo o della muratura della sottostruttura.

Se non diversamente specificato, quando le tenute devono essere iniettate successivamente, devono essere posizionate in modo che la malta le racchiuda completamente in un involucro di almeno 25 mm.

Se non diversamente specificato, per i ponti le tenute non devono essere lasciate in posizione.

Se le tenute sono lasciate in posizione dopo l'iniezione di cemento, esse devono essere fabbricate con materiali aventi la stessa durabilità della struttura.

Se non diversamente specificato, quando la regolazione alla posizione della base è effettuata utilizzando dadi di livellamento sui bulloni di fondazione sotto la piastra di base, questi possono essere lasciati in posizione. I dadi devono essere selezionati in modo da garantire che siano adatti a mantenere la stabilità della struttura parzialmente costruita, ma non a compromettere le prestazioni del bullone di fondazione in servizio.

9.5.5 Iniezione di cemento e sigillatura

Se gli spazi sotto le piastre di base devono essere sottoposti a iniezione di cemento, deve essere utilizzato materiale fresco in conformità al punto 5.9.

Il materiale di iniezione deve essere utilizzato come segue:

a) il materiale deve essere mescolato e utilizzato in conformità alle raccomandazioni del fabbricante del prodotto, in particolare per quanto riguarda la sua consistenza durante l'utilizzo. Il materiale non deve essere mescolato o utilizzato a temperature inferiori a 0 °C, a meno che le raccomandazioni del fabbricante non lo consentano;

b) il materiale deve essere versato sotto una testa adatta in modo da riempire completamente lo spazio;

c) se specificato e/o raccomandato dal fabbricante della malta, devono essere utilizzati la pilonatura e la percussione contro supporti fissati correttamente;

d) se necessario, devono essere previsti fori di sfiato.

Immediatamente prima dell'iniezione di cemento, lo spazio sotto la piastra di base di acciaio deve essere sgombro da liquidi, ghiaccio, detriti e contaminanti.

Gli scavi per basamento contenenti le colonne devono essere riempiti con calcestruzzo denso con una resistenza alla compressione caratteristica non minore di quella del calcestruzzo circostante.

Negli scavi per basamento, la lunghezza incassata della colonna deve essere inizialmente circondata da calcestruzzo per una lunghezza sufficiente a fornire stabilità allo stato provvisorio e poi rimanere indisturbata per un periodo sufficiente ad ottenere almeno la metà della sua resistenza caratteristica alla compressione, prima di rimuovere eventuali puntelli e cunei provvisori.

Se prima dell'iniezione di cemento è richiesto il trattamento di carpenteria di acciaio, appoggi e superfici di calcestruzzo, questo deve essere specificato.

Si deve aver cura che il profilo esterno dell'iniezione di cemento permetta di drenare l'acqua lontano dagli elementi di acciaio strutturale.

Se durante il servizio sussiste il pericolo di intrappolamento di acqua o di liquido corrosivo, la malta attorno alle piastre di base non deve essere sovraccaricata in modo tale da superare la superficie più bassa delle piastre di base.

Se non è necessaria alcuna iniezione di cemento e i bordi della piastra di base devono essere sigillati, il metodo deve essere specificato.

Il calcestruzzo e l'iniezione di cemento devono essere eseguiti secondo il punto 5.9 e la EN 13670.

9.5.6 Ancoraggio

I dispositivi di ancoraggio nelle parti di calcestruzzo della struttura o delle strutture adiacenti devono essere posizionati in conformità alla loro specifica.

Devono essere adottate misure adatte per evitare danni al calcestruzzo al fine di ottenere la necessaria resistenza di ancoraggio.

9.6 Costruzione e lavoro in cantiere

9.6.1 Disegni di costruzione

Devono essere forniti disegni di costruzione o istruzioni equivalenti che formano parte della dichiarazione del metodo di costruzione.

Devono essere elaborati disegni che mostrino piante e prospetti in scala tale che possano esservi apposti i contrassegni di costruzione di tutti i componenti.

I disegni devono indicare l'ubicazione delle griglie, le posizioni degli appoggi e l'assemblaggio dei componenti, insieme ai requisiti relativi alle tolleranze.

Le piante di fondazione devono indicare la posizione e l'orientamento della carpenteria di acciaio, tutti gli altri elementi a diretto contatto con le fondazioni, la loro posizione e il loro livello di base, il livello di appoggio previsto e il livello di riferimento. Le fondazioni devono comprendere il supporto della base delle colonne e altri sostegni strutturali.

Le elevazioni devono mostrare i livelli richiesti per i piani e/o la struttura.

I disegni devono mostrare i particolari necessari per il fissaggio dell'acciaio o dei bulloni alle fondazioni, il metodo di regolazione mediante la tenuta e i requisiti di incastro e iniezione, nonché il fissaggio della carpenteria di acciaio e degli appoggi ai loro supporti.

I disegni devono indicare i particolari e le disposizioni di tutta la carpenteria di acciaio o di altre opere temporanee necessarie per la costruzione al fine di garantire la stabilità della costruzione o la sicurezza del personale.

I disegni devono indicare il peso di tutti i componenti o assiemi di peso superiore a 5 tonnellate e il baricentro di tutti i pezzi irregolari di grandi dimensioni.

9.6.2 Marcatura

Ai componenti assemblati o montati singolarmente in cantiere deve essere assegnato un marchio di costruzione.

Un componente deve riportare l'orientamento di costruzione se questo non è chiaro dalla sua forma.

I metodi di marcatura devono essere conformi al punto 6.2.

9.6.3 Manipolazione e immagazzinamento in cantiere

La manipolazione e l'immagazzinamento in cantiere devono essere conformi ai requisiti di cui al punto 6.3 e a quelli indicati di seguito.

I componenti devono essere maneggiati e impilati in modo da ridurre al minimo il rischio di danni. Particolare attenzione deve essere prestata ai metodi di imbracatura per evitare danni alla carpenteria di acciaio e ai trattamenti protettivi.

Deve essere ripristinata la conformità della carpenteria di acciaio danneggiata durante le operazioni di scarico, trasporto, stoccaggio o costruzione.

La procedura di ripristino deve essere definita prima dell'esecuzione della riparazione. La procedura deve essere documentata anche per gli EXC2, EXC3 ed EXC4.

Gli elementi di collegamento immagazzinati in cantiere devono essere mantenuti in condizioni asciutte prima dell'utilizzo e devono essere adeguatamente imballati e identificabili. Gli elementi di collegamento devono essere manipolati e utilizzati in conformità alle raccomandazioni del fabbricante.

Tutte le targhette e gli altri accessori devono essere adeguatamente imballati e identificati.

9.6.4 Costruzione di prova

La costruzione di prova dovrebbe essere presa in considerazione:

a) per confermare l'accoppiamento tra i componenti;

b) per dimostrare la metodologia se la sequenza di costruzione per mantenere la stabilità durante la costruzione deve essere valutata in anticipo;

c) per dimostrare la durata delle operazioni se le condizioni del cantiere sono limitate da un tempo di possesso limitato.

Qualsiasi costruzione di prova in cantiere deve essere eseguita in conformità ai requisiti del punto 6.10.

9.6.5 Opere di costruzione

9.6.5.1 Generalità

La costruzione della carpenteria di acciaio deve essere effettuata in conformità alla dichiarazione del metodo di costruzione e in modo da garantire in ogni momento la stabilità.

I bulloni di fondazione non devono essere utilizzati per fissare le colonne non strallate contro il ribaltamento a meno che non siano stati controllati per questa modalità d'utilizzo.

Per tutta la durata della costruzione della struttura, la carpenteria di acciaio deve essere protetta contro i carichi temporanei di costruzione, compresi quelli dovuti all'attrezzatura di costruzione o al suo funzionamento, e contro gli effetti dei carichi dovuti al vento sulla struttura non finita.

Come guida per gli edifici, almeno un terzo dei bulloni permanenti di ciascun collegamento dovrebbe essere installato prima che tale collegamento possa essere considerato un contributo alla stabilità della struttura parzialmente completata.

9.6.5.2 Opera temporanea

Tutti i controventi e le ritenzioni provvisorie devono essere lasciati in posizione fino a quando la costruzione non sia sufficientemente avanzata da consentirne la rimozione in condizioni di sicurezza.

Se è richiesto che i controventi degli edifici alti siano sottoposti a sgravio della sollecitazione durante l'avanzamento della costruzione, per scaricare le forze indotte dai carichi verticali, ciò deve essere effettuato progressivamente, un pannello alla volta. Durante questo sgravio della sollecitazione devono essere installati controventi alternativi sufficienti a garantire la stabilità. Se necessario, a tal fine devono essere aggiunti temporaneamente altri controventi.

Tutti i collegamenti dei componenti temporanei previsti a fini di costruzione devono essere effettuati in conformità ai requisiti della presente norma europea e in modo da non indebolire la struttura permanente e da non comprometterne la funzionalità.

Se per sostenere la struttura durante la saldatura si utilizzano barre di appoggio e puntoni di trazione, questi devono essere adatti alle condizioni di carico di costruzione.

Se la procedura di costruzione prevede il rotolamento o un tipo equivalente di spostamento della struttura, o di parte di essa, nella sua posizione finale dopo il montaggio, si deve aver cura di prevedere una frenatura controllata della massa in movimento. Potrebbe essere necessario prendere in considerazione la possibilità di invertire il senso di marcia.

Tutti i dispositivi di ancoraggio temporaneo devono essere resi sicuri contro lo sganciamento accidentale.

Devono essere utilizzati soltanto martinetti che possono essere bloccati in qualsiasi posizione sotto carico, a meno che non siano adottate altre disposizioni di sicurezza.

9.6.5.3 Posa in opera e allineamento

Si deve aver cura che durante il processo di costruzione nessuna parte della struttura rimanga distorta permanentemente o subisca sollecitazioni eccessive dovute all'impilamento di componenti della carpenteria di acciaio o a carichi di costruzione.

Ogni parte della struttura deve essere allineata quanto prima possibile dopo la costruzione e l'assemblaggio finale deve essere completato il più presto possibile.

Non devono essere effettuati collegamenti permanenti tra i componenti finché la struttura non sia stata allineata, livellata, messa a piombo e soggetta a collegamenti temporanei per garantire che i componenti non si spostino durante la successiva costruzione o il successivo allineamento del resto della struttura.

L'allineamento della struttura e il mancato adattamento dei collegamenti possono essere regolati mediante l'utilizzo di spessori. Se sono in pericolo di allentarsi, gli spessori devono essere fissati.

Se non diversamente specificato, gli spessori devono essere in acciaio piatto. Gli spessori devono avere una durabilità simile a quella della struttura. Per le strutture di acciaio inossidabile, gli spessori devono essere di acciaio inossidabile.

Se si utilizzano spessori per allineare strutture composte da materiale rivestito, essi devono essere protetti in modo analogo per garantire la durabilità specificata, a meno che non siano richiesti per soddisfare una specifica classificazione di attrito.

Gli interstizi dei collegamenti imbullonati non precaricati devono essere conformi al punto 8.3. Prima del precarico, gli interstizi vuoti nei collegamenti imbullonati precaricati devono essere conformi al punto 8.5.1.

Se il disallineamento tra i componenti costruiti non può essere corretto con l'utilizzo di spessori, i componenti della struttura devono essere modificati localmente in conformità ai metodi specificati nella presente norma europea. Le modifiche non devono compromettere le prestazioni della struttura nello stato temporaneo o permanente. Questo lavoro può essere eseguito in cantiere. Si deve avere cura delle strutture costituite da componenti saldati a traliccio e strutture reticolari spaziali per accertarsi che non siano sottoposte a forze eccessive in un tentativo di forzare l'accoppiamento con la loro rigidità intrinseca.

Se non diversamente specificato, per allineare i collegamenti si possono utilizzare brocce. L'allungamento dei fori per i bulloni utilizzati per la trasmissione del carico non deve essere maggiore dei valori indicati al punto 6.9.

In caso di disallineamento dei fori per i bulloni, si deve controllare la coerenza del metodo di correzione con i requisiti del punto 12.

È possibile dimostrare che i fori riallineati siano conformi ai requisiti per i fori sovradimensionati o scanalati specificati al punto 6.6, a condizione che sia stato controllato il percorso di carico.

È preferibile la correzione del disallineamento mediante alesatura o l'utilizzo di una fresa a forare, ma se l'utilizzo di altri metodi di taglio è inevitabile, la finitura interna di tutti i fori formati con questi altri metodi deve essere controllata specificamente per verificarne la coerenza con i requisiti di cui al punto 6.

I collegamenti in cantiere completati devono essere controllati in conformità al punto 12.5.

10 TRATTAMENTO DELLA SUPERFICIE

10.1 Generalità

Il presente punto specifica i requisiti per la realizzazione di superfici, comprese le superfici saldate e fabbricate e quelle in cui sono presenti imperfezioni superficiali, adatte all'applicazione di vernici e prodotti correlati, o di rivestimenti metallici mediante spruzzatura termica o zincatura per immersione a caldo. Devono essere specificati i requisiti per tener conto del particolare sistema di rivestimento da applicare.

Devono essere applicati, se pertinenti, i requisiti particolareggiati per i sistemi di protezione, che sono specificate nei seguenti riferimenti e nell'appendice F:

a) superfici sulle quali devono essere applicati vernice o prodotti affini: Serie EN ISO 12944 e appendice F;

b) superfici da rivestire di metallo mediante spruzzatura termica: EN ISO 12679, EN ISO 12670 e appendice F;

c) superfici da rivestire di metallo mediante zincatura per immersione a caldo: EN ISO 1461, EN ISO 14713-1, EN ISO 14713-2 e appendice F.

Per motivi di resistenza meccanica e stabilità non è necessaria una protezione contro la corrosione se la struttura deve essere utilizzata per una breve durata di servizio o in un ambiente con corrosività trascurabile (per esempio, categoria C1 o verniciatura solo per scopi estetici), o se è stata dimensionata per consentire la corrosione.

Nota 1 In generale, un anno può essere considerato come una breve durata di vita.

Se sono specificati sia un sistema di protezione antincendio sia un sistema di protezione contro la corrosione, essi devono risultare compatibili.

Nota 2 La protezione antincendio non è generalmente considerata parte della protezione contro la corrosione.

10.2 Preparazione di substrati di acciaio per vernici e prodotti correlati

Questi requisiti non si applicano ai prodotti soggetti a zincatura per immersione a caldo o a spruzzatura di metalli, né agli acciai inossidabili, fatta eccezione per eventuali requisiti relativi alla pulizia della superficie degli acciai inossidabili, che devono essere specificati.

I substrati (ovvero superfici, saldature e bordi dei componenti di acciaio) sui quali devono essere applicate vernici e prodotti correlati devono essere preparati con i metodi descritti nella serie EN ISO 8504.

Per quanto riguarda la pulizia, la rugosità e il grado di preparazione, i substrati devono essere preparati in modo da rispettare i criteri appropriati per i prodotti da applicare. Se si specifica la durata di vita prevista della protezione contro la corrosione e della categoria di corrosività, il grado di preparazione secondo la EN ISO 8501-3 deve essere in conformità al prospetto 22. Se non diversamente specificato, per allineare le connessioni quando non si specifica la durata di vita prevista della protezione contro la corrosione e della categoria di corrosività, si deve applicare la P1.

prospetto 22 **Grado di preparazione**

Durata prevista della protezione contro la corrosione [a)]	Categoria di corrosività [a)]	Grado di preparazione
> 15 anni	C1	P1
	Da C2 a C3	P2
	Superiore a C3	P2 o P3 come specificato
Da 5 anni a 15 anni	Da C1 a C3	P1
	Superiore a C3	P2
< 5 anni	Da C1 a C4	P1
	C5 - Im	P2

a) La durata prevista della categoria di protezione contro la corrosione e di corrosività è indicata nella serie EN ISO 12944.

Le superfici, i bordi e le saldature tagliati termicamente devono essere adeguatamente lisci e in grado di raggiungere la rugosità specificata dopo la successiva preparazione della superficie (vedere appendice F).

Le superfici tagliate termicamente a volte sono troppo dure perché il materiale abrasivo possa consentire di ottenere la rugosità superficiale adatta. La procedura di prova specificata nel punto 6.4.4 può essere utilizzata per stabilire la durezza della superficie e determinare se la rettifica è necessaria.

10.3 Acciai resistenti agli agenti atmosferici

Se è necessario garantire che la superficie degli acciai resistenti agli agenti atmosferici non rivestiti sia visivamente accettabile dopo l'invecchiamento artificiale, la specifica di esecuzione deve specificare le procedure applicabili, comprese, se appropriato, quelle necessarie per prevenire la contaminazione (per esempio da olio, grasso, vernice, calcestruzzo o asfalto).

Nota A titolo di esempio, per garantire un invecchiamento artificiale uniforme può essere necessario pulire con graniglìatura le aree esposte.

Deve essere specificato il trattamento necessario per le superfici degli acciai non resistenti agli agenti atmosferici, se questi sono a contatto con acciai non rivestiti resistenti agli agenti atmosferici.

10.4 Accoppiamento galvanico

Deve essere evitato il contatto accidentale tra i diversi prodotti costituenti metallici, per esempio gli acciai inossidabili con l'alluminio o l'acciaio per impieghi strutturali. Se l'acciaio inossidabile deve essere saldato all'acciaio per impieghi strutturali, la protezione contro la corrosione della struttura di acciaio deve continuare dalla saldatura all'acciaio inossidabile per almeno 20 mm (vedere anche punti 6.3, 6.9 e 7.7).

10.5 Zincatura per immersione a caldo

Le linee guida e le raccomandazioni per la progettazione, l'immagazzinamento e il trasporto dei componenti da zincare per immersione a caldo sono indicate nella EN ISO 14713-2. In particolare:

a) se il decapaggio deve essere utilizzato prima della zincatura per immersione a caldo, tutti gli interstizi di saldatura dovrebbero essere sigillati prima del decapaggio per evitare l'ingresso di acido, a meno che ciò non sia in contrasto con le considerazioni di cui al punto 10.6;

b) se il componente fabbricato contiene spazi chiusi, devono essere previsti fori di sfiato e di drenaggio.

I locali chiusi devono generalmente essere zincati per immersione a caldo internamente e, in caso contrario, deve essere specificato se tali spazi chiusi devono essere sigillati dopo la zincatura per immersione a caldo e, in caso affermativo, con quale prodotto.

I residui di lavorazioni precedenti (per esempio vernice, olio, grasso, scorie di saldatura) devono essere rimossi. Se non diversamente specificato, non è generalmente richiesta una sabbiatura prima della zincatura per immersione a caldo. Se la sabbiatura è richiesta, è possibile utilizzare la serie EN ISO 8503 per valutare la rugosità della superficie.

10.6 Sigillatura degli spazi

Se gli spazi chiusi devono essere sigillati mediante saldatura o dotati di un trattamento protettivo interno, occorre specificare il sistema di trattamento interno.

Se gli spazi devono essere completamente chiusi da saldature, deve essere specificato se le imperfezioni della saldatura ammesse dalla specifica di esecuzione richiedono una sigillatura mediante l'applicazione di materiale di riempimento adatto per evitare l'ingresso di umidità. Se le saldature sono solo a scopo di tenuta, tali saldature devono essere ispezionate visivamente. Se richiesto, devono essere specificate ulteriori ispezioni.

Nota Si richiama l'attenzione sul fatto che le imperfezioni nelle saldature, che non sono rilevabili mediante esame visivo, possono consentire all'acqua di penetrare nello spazio sigillato.

Se le sezioni chiuse devono essere zincate per immersione a caldo, non devono essere sigillate prima della zincatura per immersione a caldo. Nel caso di superfici sovrapposte con saldature continue, deve essere previsto uno sfiato adeguato, a meno che l'area di sovrapposizione sia così piccola che il rischio di fuoriuscita esplosiva di gas intrappolati durante l'operazione di zincatura per immersione a caldo sia valutato come non significativo.

Se elementi di collegamento meccanici penetrano nella parete di spazi chiusi sigillati, deve essere specificato il metodo da utilizzare per sigillare l'interfaccia.

10.7 Superfici in contatto con il calcestruzzo

Le superfici che devono essere a contatto con il calcestruzzo, compresi i lati inferiori delle piastre di base, devono essere rivestite con il trattamento protettivo applicato alla carpenteria di acciaio, escluso qualsiasi rivestimento estetico di finitura, almeno per i primi 50 mm di lunghezza del materiale incorporato, se non diversamente specificato, e le superfici rimanenti non devono essere rivestite se non specificato. Se non sono rivestite, tali superfici devono essere pulite mediante graniglìatura o con attrezzi manuali o meccanici per rimuovere la incrostazione di rettifica e pulite per rimuovere polvere, olio e grasso. Immediatamente prima della cementazione, la ruggine libera, la polvere e gli altri detriti liberi devono essere rimossi mediante pulizia.

10.8 Superfici inaccessibili

Le aree e le superfici di difficile accesso dopo il montaggio dovrebbero essere trattate prima del montaggio.

Nei collegamenti resistenti allo scivolamento, le superfici di contatto devono soddisfare i requisiti necessari per sviluppare l'attrito per il trattamento superficiale specificato (vedere punto 8.4). Gli altri collegamenti precaricati non devono essere realizzati con un eccesso di vernice sulle superfici di contatto. Se non diversamente specificato, le superfici di contatto e le superfici sotto le rondelle devono essere trattate al massimo con un primer e un rivestimento intermedio (vedere punto F.4).

Se non diversamente specificato, i collegamenti imbullonati, compreso il perimetro attorno a tali collegamenti, devono essere trattati con il sistema di protezione contro la corrosione completo specificato per il resto della carpenteria di acciaio.

10.9 Riparazioni dopo il taglio o la saldatura

Deve essere specificato se sono richiesti una riparazione o un trattamento protettivo aggiuntivi per tagliare i bordi e le superfici adiacenti dopo il taglio o la saldatura.

Se i prodotti costituenti pre-rivestiti devono essere saldati, i metodi e l'entità della riparazione necessaria per il rivestimento devono essere specificati.

Se la zincatura a caldo delle superfici è stata rimossa o danneggiata mediante saldatura, le superfici devono essere pulite, preparate e trattate con un primer e un sistema di verniciatura ricchi di zinco che offrano un livello di protezione contro la corrosione simile a quello della zincatura per immersione a caldo per la categoria di corrosività indicata (vedere EN ISO 1461 per una guida aggiuntiva).

10.10 Pulizia dei componenti di acciaio inossidabile

Le procedure di pulizia devono essere appropriate al tipo di prodotto costituente, alla finitura superficiale, alla funzione del componente e al rischio di corrosione. Devono essere specificati il metodo, il livello e l'entità della pulizia.

11 TOLLERANZE GEOMETRICHE

11.1 Tipi di tolleranza

Il presente punto definisce i tipi di scostamenti geometrici pertinenti ai criteri funzionali e strutturalmente essenziali e fornisce valori quantitativi per due tipi di scostamenti ammessi:

a) quelli applicabili per un intervallo di criteri che sono essenziali per la resistenza meccanica e la stabilità della struttura completa, denominati tolleranze essenziali;

b) quelli richiesti per soddisfare altri criteri, quali la posa in opera e l'aspetto estetico, denominati tolleranze funzionali.

Le tolleranze essenziali e le tolleranze funzionali sono entrambe normative.

Gli scostamenti ammessi indicati non comprendono le deformazioni elastiche indotte dal peso proprio dei componenti.

In aggiunta, tolleranze particolari possono essere specificate per scostamenti geometrici già definiti con valori quantitativi o per altri tipi di scostamento geometrico. Se sono richieste tolleranze particolari, devono essere indicate le seguenti informazioni, a seconda dei casi:

c) valori modificati per tolleranze funzionali già definite;

d) parametri definiti e valori ammessi per gli scostamenti geometrici da controllare;

e) se queste tolleranze particolari sono applicabili a tutti i componenti pertinenti oppure solo a componenti particolari che sono stati identificati.

In ogni caso, i requisiti sono per le prove di accettazione finale. Se gli elementi fabbricati devono formare parte di una struttura da costruire in cantiere, devono essere rispettate le tolleranze prescritte per il controllo finale della struttura costruita, in aggiunta a quelle degli elementi fabbricati.

11.2 Tolleranze essenziali

11.2.1 Generalità

Le tolleranze essenziali devono essere in conformità all'appendice B. I valori specificati sono scostamenti ammessi. Se lo scostamento effettivo supera il valore ammesso, il valore misurato deve essere considerato una non conformità secondo il punto 12.

Nota La EN ISO 5817 comprende anche le tolleranze geometriche che si applicano alla posa in opera degli elementi saldati.

In alcuni casi, è possibile che lo scostamento non corretto di una tolleranza essenziale possa essere giustificato in conformità al progetto strutturale quando lo scostamento in eccesso è esplicitamente compreso in un nuovo calcolo. In caso contrario, la non conformità deve essere corretta.

11.2.2 Tolleranze di fabbricazione

11.2.2.1 Sezioni laminate

I prodotti strutturali laminati a caldo, finiti a caldo o formati a freddo devono conformarsi alle tolleranze specificate dalla norma di prodotto pertinente. Tali tolleranze continuano ad applicarsi ai componenti fabbricati a partire da tali prodotti, a meno che non siano sostituite da criteri più rigorosi indicati nell'appendice B.

11.2.2.2 Sezioni saldate

I *componenti saldati fabbricati a partire dalle piastre devono essere conformi* agli scostamenti ammessi nel prospetto B.1 e nei prospetti da B.3 a B.6.

Per esempio, le tolleranze della sezione trasversale per le sezioni saldate fabbricate a partire da sezioni laminate divise sarebbero conformi alla norma di prodotto pertinente, ad eccezione della profondità totale e della geometria del setto, che dovrebbero essere in conformità al prospetto B.1.

11.2.2.3 Sezioni formate a freddo

I componenti formati a freddo mediante pressatura devono essere conformi agli scostamenti ammessi nel prospetto B.2. Per i componenti fabbricati con sezioni laminate a freddo, vedere punto 11.2.2.1.

A titolo di esempio, le tolleranze della sezione trasversale della EN 10162 si applicano alle sezioni laminate a freddo, mentre il prospetto B.2 si applica alle sezioni formate mediante pressatura.

11.2.2.4 Placcatura irrigidita

La placcatura irrigidita deve essere conforme agli scostamenti ammessi nel prospetto B.7.

11.2.2.5 Gusci

Le strutture dei gusci devono essere conformi agli scostamenti ammessi nel prospetto B.11, nei quali la scelta della classe appropriata deve essere basata sulla EN 1993-1-6.

11.2.3 Tolleranze di costruzione

11.2.3.1 Sistema di riferimento

Gli scostamenti dai componenti costruiti devono essere misurati in relazione ai loro punti di posizione (vedere la serie ISO 4463). Se non è stabilito un punto di posizione, gli scostamenti devono essere misurati rispetto al sistema secondario.

Nota La norma ISO 4463-1 si riferisce alla definizione e all'applicazione di sistemi di riferimento come segue:

1) il sistema primario, che generalmente contempla l'intero cantiere;
2) l'impianto secondario, che serve come sistema o griglia di riferimento principale per la costruzione di un particolare edificio;
3) i punti di posizione, che contrassegnano la posizione dei singoli elementi, per esempio le colonne.

11.2.3.2 Bulloni di fondazione e altri supporti

La posizione dei punti mediani di un gruppo di bulloni di fondazione o di altro supporto non deve avere uno scostamento maggiore di ± 6 mm dalla posizione specificata rispetto al sistema secondario.

Per valutare un gruppo di bulloni di fondazione regolabili si dovrebbe scegliere la posizione più adatta.

La specifica di esecuzione deve specificare tolleranze particolari, se richieste, per i gusci con supporto continuo (per esempio planarità o pendenza locale delle fondazioni o di altri supporti strutturali).

11.2.3.3 Basi delle colonne

I fori nelle piastre di base e nelle altre piastre utilizzate per il fissaggio ai supporti dovrebbero essere dimensionati in modo che gli interspazi corrispondano agli scostamenti ammessi per i supporti e per la carpenteria di acciaio. Ciò può richiedere l'utilizzo di rondelle di grandi dimensioni tra i dadi dei bulloni di tenuta e la parte superiore della piastra di base.

11.2.3.4 Colonne

Gli scostamenti delle colonne costruite devono essere conformi agli scostamenti ammessi nei prospetti B.15, B.17 e B.18.

Per i gruppi di colonne adiacenti (diverse da quelle delle intelaiature o che sostengono una gru a portale) che trasportano carichi verticali simili, gli scostamenti ammessi devono essere i seguenti:

a) lo scostamento medio aritmetico in pianta per l'inclinazione di sei colonne adiacenti legate deve essere conforme agli scostamenti ammessi nel prospetto B.15;
b) gli scostamenti ammessi per l'inclinazione di una singola colonna all'interno di questo gruppo, tra piani adiacenti, possono allora essere ridotti a $\Delta = \pm\, h/100$.

11.2.3.5 Appoggio a contatto completo

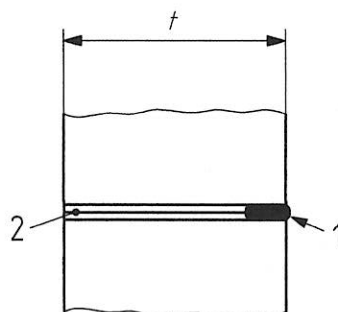
Se è specificato un appoggio a contatto completo, la posa in opera tra le superfici dei componenti costruiti deve essere in conformità al prospetto B.19 dopo l'allineamento.

Per le giunzioni imbullonate, si possono utilizzare spessori se l'interstizio supera i limiti specificati dopo il serraggio iniziale, per ridurre le distanze entro lo scostamento ammesso, se non diversamente specificato nella specifica di esecuzione. Gli spessori possono essere di tipo piatto secondo la EN 10025-2 con uno spessore massimo di 3 mm. In nessun punto devono essere utilizzati più di tre spessori. Se necessario, gli spessori possono essere mantenuti in posizione mediante saldature d'angolo o una saldatura di testa a penetrazione parziale che si estende sugli spessori, come mostrato nella figura 5.

figura 5 **Opzione per il fissaggio degli spessori utilizzati per la giunzione imbullonata nell'appoggio a contatto completo**

Legenda

1 Saldatura di testa o saldatura d'angolo a penetrazione parziale

2 Spessori

11.3 Tolleranze funzionali

11.3.1 Generalità

Le tolleranze funzionali in termini di scostamenti geometrici ammessi devono essere in conformità a una delle due opzioni seguenti:

a) i valori riportati nel prospetto di cui al punto 11.3.2; oppure

b) i criteri alternativi sono definiti nel punto 11.3.3.

Se non è specificata alcuna opzione, devono essere applicati i valori riportati nel prospetto.

11.3.2 Valori riportati nel prospetto

Nell'appendice B sono indicati i valori riportati nel prospetto per le tolleranze funzionali. Generalmente, sono mostrati i valori per due classi.

Se non diversamente specificato nella specifica di esecuzione, deve essere applicata la classe di tolleranza 1. In tal caso, la specifica di esecuzione deve specificare la classe di tolleranza applicabile a singoli componenti o a parti selezionate di una struttura costruita.

Nota La decisione di richiedere la classe di tolleranza 2 per una parte di una struttura può essere resa necessaria dal montaggio di una facciata vetrata, per esempio per ridurre l'entità dell'interspazio e la regolabilità richiesti all'interfaccia.

Nell'applicazione del prospetto B.23, la lunghezza sporgente di un bullone di fondazione verticale (nella sua posizione di migliore accoppiamento, se regolabile) dovrebbe essere verticale con una tolleranza di 1 mm su 20 mm. Un requisito analogo si applica alla linea di bulloni posizionati orizzontalmente o ad altri angoli.

11.3.3 Criteri alternativi

Se specificato può essere applicato il seguente criterio alternativo:

a) per le strutture saldate, le seguenti classi secondo la EN ISO 13920:
   1) classe C per lunghezza e dimensioni angolari;
   2) classe G per linearità, planarità e parallelismo.

b) per i componenti non saldati, gli stessi criteri di cui alla lettera (a);

c) nei casi che non rientrano nello scopo e campo di applicazione della EN ISO 13920, per una dimensione *d*, è consentito uno scostamento ammesso $\pm \Delta$ pari al valore maggiore tra $d/500$ o 5 mm.

12 ISPEZIONE, PROVE E CORREZIONE

12.1 Generalità

Il presente punto specifica i requisiti per l'ispezione e le prove in relazione ai requisiti di qualità compresi nella documentazione relativa alla qualità (vedere punto 4.2.1) o nel piano della qualità (vedere punto 4.2.2), come pertinente.

Devono essere effettuate ispezioni, prove e correzioni sulle opere in base alla specifica e ai requisiti di qualità stabiliti nella presente norma europea.

In caso di non conformità ai requisiti della presente norma europea, ogni difetto può essere valutato individualmente. Tale valutazione dovrebbe essere basata sulla funzione del componente nel quale si verifica il difetto e sulle caratteristiche dell'imperfezione (tipo, dimensione, posizione) per decidere se il difetto è accettabile o se deve essere riparato.

Tutte le ispezioni e le prove devono essere effettuate secondo un piano predeterminato e con procedure documentate.

12.2 Prodotti e componenti costituenti

12.2.1 Prodotti costituenti

I documenti forniti con i prodotti costituenti in conformità ai requisiti di cui al punto 5 devono essere controllati per verificare che le informazioni sui prodotti forniti corrispondano a quelle contenute nella specifica dei componenti.

Nota 1 Questi documenti comprendono certificati di ispezione, rapporti di prova, dichiarazioni di conformità pertinenti a piastre, sezioni, sezioni cave, materiali di apporto per saldatura, elementi di collegamento meccanici, prigionieri, ecc.

Nota 2 Questo controllo della documentazione è destinato a evitare la necessità di sottoporre a prova i prodotti in generale.

L'ispezione della superficie di un prodotto per individuare eventuali difetti riscontrati durante la preparazione della superficie deve essere compresa nei piani di ispezione e di prova.

Se i difetti superficiali dei prodotti di acciaio rivelati durante la preparazione della superficie sono riparati utilizzando metodi in conformità alla presente norma europea, il prodotto riparato può essere utilizzato purché sia conforme alle caratteristiche nominali specificate per il prodotto originale.

Se non diversamente specificato, non ci sono requisiti per le prove specifiche dei prodotti costituenti.

12.2.2 Componenti

I documenti forniti con i componenti devono essere controllati per verificare che le informazioni sui componenti forniti corrispondano a quelle ordinate.

Nota Ciò si applica a tutti i prodotti consegnati e fabbricati in parte e ricevuti nello stabilimento di un costruttore per ulteriori lavorazioni (per esempio sezioni ad I saldate per essere incorporate in travi composte) e per i prodotti ricevuti in cantiere per essere costruiti dal costruttore se questi non sono fabbricati dal costruttore stesso.

12.2.3 Prodotti non conformi

Se la documentazione fornita non comprende una dichiarazione del fornitore che attesti la conformità dei prodotti alle specifiche, essi devono essere trattati come prodotti non conformi fino a quando non si possa dimostrare che rispettano i requisiti del piano di ispezione e di prova.

Se i prodotti sono inizialmente designati come non conformi e successivamente se ne dimostra la conformità mediante prove o riesami, i risultati della prova devono essere registrati.

12.3 Fabbricazione: dimensioni geometriche dei componenti fabbricati

Il piano di ispezione e di prova deve considerare i requisiti e i controlli necessari per i componenti di acciaio costituenti preparati e i componenti fabbricati.

Devono essere sempre effettuate misurazioni dimensionali dei componenti.

I metodi e gli strumenti possono essere scelti, a seconda dei casi, tra quelli elencati nella ISO 7976-1 e nella ISO 7976-2. L'accuratezza può essere valutata in conformità alla parte pertinente della ISO 17123.

La posizione e la frequenza delle misurazioni devono essere specificate nel piano di ispezione e di prova.

I livelli di accettazione devono essere in conformità al punto 11.2. Gli scostamenti devono essere misurati rispetto a qualsiasi centinatura o preimpostazione specificata.

Se l'ispezione di accettazione risulta nell'individuazione di una non conformità, l'azione da intraprendere per tale non conformità deve essere come segue:

a) se possibile, la non conformità deve essere corretta utilizzando metodi che sono in conformità alla presente norma europea e controllata nuovamente;

b) in alternativa, la non conformità deve essere valutata ai fini dell'accettabilità secondo il punto 12.1;

c) se a) e/o b) non riesce, si possono apportare modifiche alla struttura di acciaio per compensare la non conformità, a condizione che ciò si verifichi in conformità a una procedura per la gestione delle non conformità;

d) in caso contrario, il componente non deve essere utilizzato.

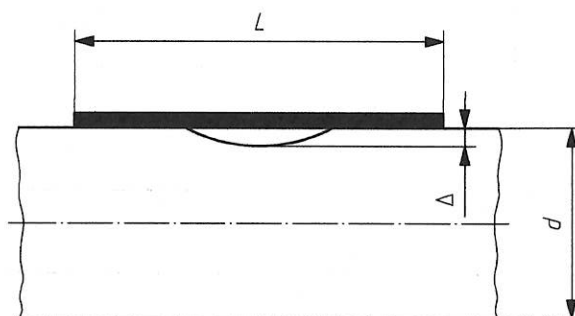
Devono essere valutati i danni che provocano ammaccature locali sulla superficie delle sezioni cave. Può essere utilizzato il metodo indicato nella figura 6.

figura 6 **Metodo di valutazione del profilo superficiale e dello scostamento ammesso di un componente ammaccato**

Legenda

d Dimensione caratteristica della sezione trasversale

L Bordo diritto della lunghezza $L \geq 2d$

Δ Interstizio $\Delta \leq$ del valore maggiore tra $d/100$ o 2 mm

Se non diversamente specificato, quando l'interstizio supera lo scostamento ammesso, le riparazioni possono essere eseguite mediante saldatura completa su piastre di copertura locali dello stesso spessore del prodotto costituente originale.

La presente procedura dovrebbe essere utilizzata in alternativa a qualsiasi procedura di formatura a caldo, in conformità al punto 6.5.

Se si utilizza un'insieme di prova conforme al punto 6.10, i requisiti in materia di ispezione devono essere compresi nel piano di ispezione e di prova.

12.4 Saldatura

12.4.1 Generalità

L'ispezione e le prove prima, durante e dopo la saldatura devono essere comprese nel piano di ispezione e prova secondo i requisiti indicati nella parte pertinente della serie EN ISO 3834.

Il piano di ispezione e di prova deve comprendere prove del tipo (vedere punto 12.4.2.2), ispezioni e prove ordinarie (vedere punto 12.4.2.3) e ispezioni e prove specifiche del progetto (vedere punto 12.4.2.4). Il piano d'ispezione e di prova deve individuare le giunzioni per un'ispezione specifica della posa in opera che potrebbero presentare difficoltà a raggiungere l'installazione specificata.

I metodi di prova non distruttiva (NDT) devono essere selezionati in conformità alla EN ISO 17635 come base per il piano di ispezione e prova richiesto dal piano di saldatura.

Le NDT, ad eccezione dell'esame visivo, devono essere eseguite da personale qualificato secondo la EN ISO 9712.

12.4.2 Ispezione dopo la saldatura

12.4.2.1 Tempistica

La NDT supplementare di una saldatura non deve generalmente essere completata prima che sia trascorso il minimo tempo di attesa dopo la saldatura indicato nel prospetto 23. I tempi di attesa indicati nel prospetto 23 dovrebbero essere rispettati anche se si specifica che il metallo base adiacente a una zona di saldatura deve essere ispezionato per verificare la presenza di laminazioni dopo la saldatura.

prospetto 23 **Minimi tempi di attesa**

		Tempo di attesa (ore) [a]	
Se si applica il preriscaldamento in conformità al metodo A della EN 1011-2:2001, appendice C			
Dimensione della saldatura (mm) [b]	Portata termica Q (kJ/mm)	S275 - S460	Superiore a S460
a o s ≤ 6	Tutti	Solo periodo di raffreddamento	24
6 < a o s ≤ 12	≤ 3	8	24
	> 3	16	40
a o s > 12	≤ 3	16	40
	> 3	24	48
Se si applica il preriscaldamento in conformità al metodo B della EN 1011-2:2001, appendice C			
Dimensione della saldatura (mm) [b]		S275 - S690	Superiore a S690
a o s ≤ 20		Solo periodo di raffreddamento	24
a o s > 20		24	48

a) L'intervallo di tempo tra il completamento della saldatura e l'inizio della NDT deve essere specificato nel rapporto della NDT. Nel caso del "solo periodo di raffreddamento", questo durerà fino a quando la saldatura non sarà sufficientemente fredda da consentire l'inizio della NDT.

b) La misura si riferisce alla gola nominale *a* di una saldatura d'angolo o allo spessore nominale del materiale *s* di una saldatura a piena penetrazione. Per le singole saldature di testa a penetrazione parziale il criterio di riferimento è la profondità nominale di saldatura *a*, mentre per le coppie di saldature di testa a penetrazione parziale saldate simultaneamente è la somma delle gole di saldatura *a* nominali.

Per le saldature che richiedono un preriscaldamento, questi periodi possono essere ridotti se gli elementi saldati sono post-riscaldati per un periodo successivo al completamento della saldatura.

Se una saldatura diventa inaccessibile mediante lavori successivi, deve essere ispezionata prima di eseguire lavori successivi.

Qualsiasi saldatura localizzata in una zona nella quale è stata corretta una distorsione inaccettabile deve essere nuovamente ispezionata.

12.4.2.2 Prove di tipo

Per i primi cinque giunti realizzati con un WPS elaborato in conformità alla parte appropriata della serie EN ISO 15609 da un WPQR nuovo o da un WPQR di nuova introduzione nel fabbricante, devono essere soddisfatti i seguenti requisiti:

a) il livello qualitativo B è richiesto per la dimostrazione del WPS nelle condizioni di produzione;

b) la lunghezza minima da ispezionare è di 900 mm.

Se l'ispezione fornisce risultati non conformi, deve essere eseguita un'indagine per individuarne il motivo. Si dovrebbe seguire la guida della EN ISO 17635.

Nota Lo scopo dell'ispezione sopra descritta è quello di stabilire che con un WPS può essere prodotta una qualità conforme se lo si implementa in produzione. Per lo sviluppo e l'utilizzo di un sistema WPS, vedere il diagramma di flusso nell'appendice K.

12.4.2.3 Ispezione e prove ordinarie

Tutte le saldature devono essere ispezionate visivamente per tutta la loro lunghezza. Se si rilevano difetti affioranti in superficie, sulla saldatura ispezionata devono essere effettuate prove della superficie con un esame con liquidi penetranti o un controllo con particelle magnetiche.

Per le saldature EXC1, EXC2 e EXC3, l'entità della NDT supplementare è quella specificata nel prospetto 24.

Per le saldature EXC4, lo scopo e campo di applicazione della NDT supplementare deve essere specificato in relazione a ciascuna saldatura identificata.

L'entità della NDT tratta la verifica di imperfezioni sia interne sia superficiali, se applicabili.

I metodi da utilizzare per la NDT supplementare devono essere selezionati tra quelli indicati al punto 12.4.2.6 dal personale addetto al coordinamento delle attività di saldatura.

Una volta stabilito che la saldatura di produzione secondo un WPS rispetta i requisiti di qualità secondo il punto 12.4.2.2, l'entità richiesta della NDT supplementare deve essere in conformità al prospetto 24 con ulteriori giunti saldati secondo lo stesso WPS trattati come un unico lotto di ispezione continua. Le percentuali si applicano all'entità della NDT supplementare considerata come quantità cumulativa all'interno di ciascun lotto di ispezione.

Se non diversamente specificato, la percentuale di prova (p %) secondo il prospetto 24 è definita come parte di un lotto di ispezione secondo le regole seguenti, se non diversamente specificato:

a) ogni saldatura del lotto d'ispezione deve essere sottoposta a prova su una lunghezza pari almeno al p % della lunghezza singola. L'area da sottoporre a prova deve essere selezionata a caso;

b) se la lunghezza totale di tutte le saldature di un lotto di ispezione controllo è minore di 900 mm, deve essere sottoposta a prova almeno una saldatura su tutta la sua lunghezza, indipendentemente dal p %;

c) se un lotto di ispezione è costituito da diverse saldature identiche con lunghezza singola minore di 900 mm, le saldature selezionate a caso con lunghezza totale minima del p % della lunghezza totale di tutte le saldature del lotto di ispezione devono essere sottoposte a prova per l'intera loro lunghezza.

I giunti per le ispezioni ordinarie secondo il prospetto 24 devono essere selezionati in modo che il campionamento prenda in esame il più ampiamente possibile le seguenti variabili: il tipo di giunto, il tipo di prodotto costituente, l'attrezzatura di saldatura e il lavoro dei saldatori. L'entità dell'ispezione nel prospetto 24 è relativa alle saldature di produzione su base annua mobile.

Se le prove ordinarie delle saldature di produzione in un'officina su base annuale o utilizzando metodi elettronici di monitoraggio dei parametri di saldatura dimostrano una qualità costantemente accettabile per saldature di un tipo specifico (per esempio tipo di giunto, tipo di prodotto costituente e attrezzatura di saldatura), l'entità della prova NDT supplementare ordinaria in tale officina può essere ridotta al di sotto delle percentuali indicate nel prospetto 24 a discrezione del personale addetto al coordinamento delle attività di saldatura, a condizione che sia attuato e documentato un programma trimestrale di prove di verifica della produzione.

prospetto 24 **Entità della NDT supplementare ordinaria**

Tipo di giunto	Saldature per officine e cantieri		
	EXC1	EXC2	EXC3 [a]
Saldature di testa trasversali e saldature a penetrazione parziale nei giunti di testa:	0 % [b]	10%	20%
Saldature di testa trasversali e saldature a penetrazione parziale: - in giunti a croce - in giunti a T	 0 % [b] 0%	 10% 5%	 20% 10%
Saldature d'angolo trasversali [c]: con $a > 12$ mm o $t > 30$ mm con $a \leq 12$ mm e $t \leq 30$ mm	 0% 0%	 5% 0%	 10% 5%
Saldature longitudinali a piena penetrazione [d] tra il setto e la flangia superiore dell'intelaiatura della gru	0%	10%	20%
Altre saldature longitudinali [d], saldature negli irrigidimenti e saldature specificate nella specifica di esecuzione come in compressione	0%	0%	5%

a) Per EXC4 la percentuale deve essere almeno pari a quella indicata per EXC3.
b) 10% per le saldature di questo tipo eseguite in acciaio ≥ S420.
c) I termini a e t si riferiscono rispettivamente allo spessore della gola e al materiale più spesso da unire.
d) Le saldature longitudinali sono quelle eseguite parallelamente all'asse del componente. Tutte le altre sono considerate saldature trasversali.

La specifica di esecuzione può indicare i giunti specifici da ispezionare, insieme all'entità e al metodo delle prove (vedere punto 12.4.2.4). Queste prove possono essere conteggiate, se appropriato, nell'ambito delle prove ordinarie.

Se l'ispezione fornisce risultati non conformi, deve essere eseguita un'indagine per individuarne il motivo. Dovrebbe essere seguita la guida della EN ISO 17635:2016, appendice C.

12.4.2.4 Ispezione e prove specifici del progetto

Per EXC1, EXC2 e EXC3, la specifica di esecuzione può individuare i requisiti per le prove di produzione e i giunti specifici da ispezionare, insieme all'entità delle prove.

Per EXC4, la specifica di esecuzione deve identificare le giunzioni specifiche da ispezionare insieme all'entità delle prove, che deve essere almeno quella specificata per EXC3.

Se specificato, le classi di ispezione della saldatura (WICs) possono essere utilizzate per classificare saldature specifiche per l'ispezione e, a questo proposito, per definire lo scopo e campo di applicazione e la percentuale delle prove supplementari, nonché i metodi di prova da utilizzare secondo la criticità delle saldature (vedere appendice L per la guida). Se si utilizzano classi di ispezione della saldatura (WICs), la specifica di esecuzione deve essere utilizzata per identificare la classe di ispezione della saldatura (WIC) per ogni saldatura pertinente.

12.4.2.5 Esame visivo delle saldature

L'esame visivo deve essere effettuato dopo il completamento della saldatura in una zona e prima di qualsiasi altra ispezione NDT.

L'esame visivo deve comprendere:

a) presenza e posizione di tutte le saldature;
b) ispezione delle saldature in conformità alla EN ISO 17637;

c) archi di dispersione e aree degli spruzzi di saldatura.

L'ispezione della forma e della superficie delle saldature di giunti di diramazione saldati con sezioni cave deve prestare particolare attenzione alle seguenti posizioni:

d) per le sezioni circolari: la posizione mediana del bordo del cordone, la posizione mediana del tallone di saldatura e le due posizioni mediane del fianco;

e) per le sezioni quadrate o rettangolari: le quattro posizioni d'angolo.

12.4.2.6 Metodi delle NDT supplementari

I seguenti metodi NDT devono essere eseguiti in conformità ai principi generali indicati nella norma EN ISO 17635 e ai requisiti della norma specifici per ciascun metodo, per esempio:

a) esame con liquidi penetranti (PT) secondo la EN ISO 3452-1;

b) controllo con particelle magnetiche (MT) secondo la EN ISO 17638;

c) controllo mediante ultrasuoni (UT) secondo le EN ISO 17640 e EN ISO 23279 o EN ISO 13588;

d) controllo radiografico (RT) secondo la serie EN ISO 17636.

Il campo di applicazione dei metodi NDT è specificato nelle norme pertinenti.

12.4.2.7 Correzione delle saldature

Per le classi EXC2, EXC3 ed EXC4, le riparazioni mediante saldatura devono essere effettuate in conformità alle procedure richieste per la saldatura di produzione.

Le saldature corrette devono essere controllate e devono essere conformi ai requisiti delle saldature originali.

12.4.3 Ispezione e prova di prigionieri di taglio saldati per strutture composte di acciaio e calcestruzzo

L'ispezione e la prova dei prigionieri di taglio saldati per le strutture composte di acciaio e calcestruzzo devono essere eseguite secondo la EN ISO 14555.

12.4.4 Prove di produzione su saldatura

Se specificato, per EXC3 ed EXC4, le prove di produzione devono essere eseguite come segue:

a) ogni *qualificazione della procedura di saldatura utilizzata per i tipi di acciaio per* saldatura maggiori di S460 deve essere controllata con un prototipo di produzione. Le prove comprendono l'esame visivo, l'esame con liquidi penetranti o il controllo con particelle magnetiche, il controllo mediante ultrasuoni o il controllo radiografico (per le saldature di testa), le prove di durezza e l'esame macroscopico. Le prove e i risultati devono essere in conformità alla norma pertinente per le prove del procedimento di saldatura;

b) se per le saldature d'angolo si utilizza la penetrazione profonda di un processo di saldatura, si deve controllare la penetrazione delle saldature. I risultati della penetrazione effettiva devono essere documentati;

c) per le lamiere di acciaio ortotrope degli impalcati per ponti:

   1) i collegamenti tra l'irrigidimento e la lamiera per impalcato saldati con un processo di saldatura completamente meccanizzato devono essere controllati mediante una serie di prove di produzione come indicato al punto 2) seguente, con almeno una prova di produzione per un ponte e ispezionati mediante macroesame. Le prove in macrosezione devono essere predisposte all'inizio o alla fine e al centro della saldatura;

2) il numero di punti in cui si effettuano le prove di produzione per le saldature che collegano le lamiere per impalcato agli irrigidimenti per impalcato: tre posizioni per una superficie dell'impalcato fino a un'area dell'impalcato di acciaio di 1 000 m^2 con due posizioni di prova aggiuntive per ogni ulteriore area di 1 000 m^2 o parte di essa fino a un'area totale di 5 000 m^2. Una posizione di prova per ogni 1 000 m^2 aggiuntivi (o parte di essi) di superficie oltre i 5 000 m^2;

3) i collegamenti irrigidimento/irrigidimento con piastre di giunzione devono essere controllati con una prova di produzione.

12.4.5 Ispezione e prove della saldatura dell'acciaio di armatura

L'ispezione e le prove di saldatura dell'acciaio di armatura per strutture composte di acciaio e calcestruzzo devono essere eseguite secondo la EN ISO 17660-1 o la EN ISO 17660-2.

12.5 Elementi di collegamento meccanici

12.5.1 Ispezione dei collegamenti imbullonati non precaricati

Tutti i collegamenti con elementi di collegamento meccanici non precaricati devono essere controllati visivamente dopo essere stati imbullonati con la struttura allineata localmente.

Dopo l'installazione degli assiemi di bulloneria mancanti, si deve controllare il montaggio dei collegamenti individuati durante la posa in opera che non dispongono di una serie completa di assiemi di bulloneria.

I criteri di accettazione e le azioni volte a correggere le non conformità devono essere in conformità ai punti 8.3 e 9.6.5.3.

Se la non conformità è dovuta a piegature di spessore diverso che eccedono i criteri specificati al punto 8.1, il collegamento deve essere ripristinato. In caso contrario, la non conformità può essere corretta, se possibile, regolando l'allineamento locale del componente.

I collegamenti corretti devono essere controllati nuovamente al termine del nuovo completamento.

Se è richiesto un sistema di isolamento nelle giunzioni tra l'acciaio inossidabile e altri metalli, devono inoltre essere specificati anche i requisiti per il controllo dell'installazione.

12.5.2 Ispezione e prove di collegamenti imbullonati precaricati

12.5.2.1 Generalità

Se per i collegamenti di acciaio inossidabile si utilizzano assiemi di bulloneria precaricati, devono essere specificati i requisiti per l'ispezione e le prove.

12.5.2.2 Ispezione delle superfici di attrito

Per i collegamenti resistenti allo scivolamento, le superfici di contatto devono essere controllate visivamente immediatamente prima del montaggio. I livelli di accettazione devono essere in conformità al punto 8.4. Le non conformità devono essere corrette in conformità al punto 8.4.

12.5.2.3 Ispezione prima del serraggio

Tutti i collegamenti con elementi di collegamento meccanici precaricati devono essere controllati visivamente dopo essere stati inizialmente imbullonati con la struttura allineata localmente e prima dell'inizio del precarico. I criteri di accettazione devono essere in conformità al punto 8.5.1.

Se la non conformità è dovuta a piegature di spessore diverso che eccedono i criteri specificati al punto 8.1, il collegamento deve essere ripristinato. In caso contrario, la non conformità può essere corretta, se possibile, regolando l'allineamento locale del componente.

Se sono installate rondelle smussate, queste devono essere sottoposte a un controllo visivo per accertare che l'assemblaggio sia in conformità al punto 8.2.4.

I collegamenti corretti devono essere controllati al termine del nuovo completamento.

Per gli EXC2, EXC3 ed EXC4 deve essere controllata la procedura di serraggio. Se il serraggio è effettuato con il metodo della coppia o con il metodo combinato, i certificati di taratura della chiave dinamometrica devono essere controllati per verificarne l'accuratezza secondo quanto indicato al punto 8.5.1.

12.5.2.4 Ispezione durante e dopo il serraggio

In aggiunta alle seguenti prescrizioni generali in materia di ispezione, che si applicano a tutti i metodi di serraggio ad eccezione del metodo HRC, sono previsti requisiti particolari indicati nei punti da 12.5.2.4 a 12.5.2.7.

Per EXC2, EXC3 ed EXC4, l'ispezione durante e dopo il serraggio deve essere effettuata come segue:

a) l'ispezione degli elementi di collegamento installati e/o dei metodi di installazione deve essere effettuata in funzione del metodo di serraggio utilizzato. I punti selezionati devono essere selezionati in modo casuale, assicurando che il campionamento contempli le seguenti variabili, a seconda dei casi: tipo di collegamento, gruppo di bulloni, lotto di elementi di collegamento, tipo e dimensioni, attrezzature utilizzate e personale operativo;

b) ai fini dell'ispezione, per gruppo di bulloni si intendono assiemi di bulloneria della stessa origine in collegamenti simili con assiemi di bulloneria della stessa dimensione e classe. Un gruppo di bulloni di grandi dimensioni può essere suddiviso in più sottogruppi a fini di ispezione;

c) il numero di assiemi di bulloneria complessivamente ispezionati in una struttura deve essere come segue:

    1) EXC2: 5% per la seconda fase del metodo della coppia o del metodo combinato e per il metodo DTI;

    2) EXC3 ed EXC4:

        i) 5% per la prima fase e 10% per la seconda fase del metodo combinato;

        ii) 10% per la seconda fase del metodo della coppia e per il metodo DTI;

d) se non diversamente specificato, l'ispezione deve essere effettuata utilizzando un piano di campionamento sequenziale secondo l'appendice M per un numero sufficiente di assiemi di bulloneria finché non siano soddisfatte le condizioni di accettazione o di rifiuto (o non siano stati sottoposti a prova tutti gli assiemi) per il tipo sequenziale in questione per i criteri pertinenti. I tipi sequenziali devono essere come segue:

    1) EXC2 ed EXC3: tipo sequenziale A;

    2) EXC4: tipo sequenziale B;

e) la prima fase deve essere controllata mediante esame visivo dei collegamenti per accertare che siano completamente a tenuta;

f) per l'ispezione della prima fase, deve essere controllato solo il criterio del sotto-serraggio;

g) per l'ispezione finale del serraggio deve essere utilizzato lo stesso assieme di bulloneria per controllare sia il sotto-serraggio e, se specificato, il sovra-serraggio applicando il metodo della coppia;

h) i criteri che definiscono una non conformità e i requisiti per le azioni correttive sono specificati di seguito per ogni metodo di serraggio;

i) se l'ispezione porta a un rifiuto, tutti gli assiemi di bulloneria del sottogruppo di bulloni devono essere controllati, devono essere adottate azioni correttive e, al completamento, è richiesta una nuova ispezione. Se il risultato dell'ispezione con un tipo sequenziale A è negativo, l'ispezione può essere estesa al tipo sequenziale B.

Se gli elementi di collegamento non sono applicati in conformità al metodo definito, si deve assistere alla rimozione e alla reinstallazione dell'intero gruppo di bulloni.

12.5.2.5 Metodo della coppia

L'ispezione di un assieme di bulloneria deve essere effettuata, utilizzando il prospetto 25, mediante l'applicazione di una coppia di serraggio al dado (o alla testa del bullone, se specificata) utilizzando una chiave dinamometrica tarata. L'obiettivo è quello di controllare che il valore di coppia necessario per avviare la rotazione sia almeno pari a 1,05 volte il valore di coppia $M_{r,i}$ (i.e $M_{r,2}$ oppure $M_{r,\ test}$). Deve essere prestata attenzione a mantenere la rotazione al minimo assoluto. Applicare le condizioni seguenti:

a) la chiave dinamometrica utilizzata per le ispezioni deve essere tarata correttamente e avere un'accuratezza di ± 4%;

b) l'ispezione deve essere effettuata tra 12 *h* e 72 *h* dopo il completamento finale del serraggio nel sottogruppo di bulloni interessato;

   Se gli assiemi di bulloneria da ispezionare provengono da lotti di montaggio diversi, con valori di coppia di ispezione diversi, deve essere determinata la posizione di ciascun lotto.

c) se il risultato è un rifiuto, deve essere controllata l'accuratezza della chiave dinamometrica utilizzata per il serraggio.

prospetto 25 **Ispezione del serraggio con il metodo della coppia**

Classe di esecuzione	All'inizio del serraggio	Dopo il serraggio
EXC2	Identificazione delle posizioni dei lotti di bulloni di montaggio	Ispezione della seconda fase di serraggio
EXC3 ed EXC4	Identificazione delle posizioni dei lotti di bulloni di montaggio Controllo della procedura di serraggio dei bulloni per ciascun gruppo di bulloni	Ispezione della seconda fase di serraggio
Nota Per la definizione del lotto di bulloni di assemblaggio, vedere la EN 14399-1.		

Un assieme di bulloneria per il quale il dado ruota di più di 15° applicando la coppia di ispezione è considerato serrato in modo insufficiente (<100%) e deve essere serrato di nuovo alla coppia di serraggio richiesta.

Se è specificato un controllo per il serraggio eccessivo, devono essere specificati i requisiti. Gli assiemi di bulloneria serrati in modo eccessivo devono essere rimossi e scartati.

12.5.2.6 Metodo combinato

Per EXC3 ed EXC4, la prima fase deve essere controllata prima della marcatura utilizzando le stesse condizioni di coppia utilizzate per raggiungere la condizione del 75%. Deve essere serrato nuovamente un dado che ruoti di oltre 15° applicando la coppia di ispezione.

Se i collegamenti non sono completamente a tenuta secondo i punti 8.3 e 8.5.1, le tarature delle chiavi dinamometriche in combinazione con i carichi applicati devono essere controllate mediante prove supplementari per ottenere il corretto carico iniziale di preserraggio. Se necessario, deve essere ripetuto il primo passo con i valori di coppia corretti.

Se continuano a rimanere non a tenuta, lo spessore e il fuori squadro dei collegamenti assemblati devono essere ispezionati e regolati, se necessario ripristinando la tenuta del collegamento secondo il punto 8.5.1 e serrandolo nuovamente.

Prima che inizi la seconda fase, le marcature di tutti i dadi rispetto alle filettature dei bulloni devono essere ispezionate visivamente. L'eventuale marcatura mancante deve essere corretta.

Dopo la seconda fase, le marcature devono essere ispezionate in base ai seguenti requisiti:

a) se l'angolo di rotazione è minore di oltre 15° rispetto al valore specificato, tale angolo deve essere corretto;

b) se l'angolo di rotazione è maggiore di oltre 30° rispetto all'angolo specificato, oppure se il bullone o il dado sono difettosi, l'assieme di bulloneria deve essere sostituito da uno nuovo.

12.5.2.7 Metodo HRC

Per EXC2, EXC3 ed EXC4, la prima fase di serraggio deve essere controllata mediante esame visivo dei collegamenti per verificare che siano completamente a tenuta.

L'ispezione deve essere effettuata sul 100 % degli assiemi di bulloneria mediante esame visivo. Gli assiemi di bulloneria completamente serrati sono identificati come quelli con l'estremità scanalata tagliata. Un assieme di bulloneria per il quale l'estremità scanalata rimane in posizione è considerato serrato in modo insufficiente.

Se il serraggio degli assiemi di bulloneria HRC è effettuato con il metodo della coppia secondo il punto 8.5.3 o con il metodo DTI secondo il punto 8.5.6, devono essere verificati in conformità al punto 12.5.2.4 o 12.5.2.7, come appropriato.

12.5.2.8 Metodo dell'indicatore di tensione diretta

Dopo la prima fase, i collegamenti devono essere ispezionati per verificare che siano imballati correttamente in conformità al punto 8.3. L'allineamento locale dei collegamenti non conformi deve essere corretto prima dell'inizio del serraggio finale.

Dopo il serraggio finale, gli assiemi selezionati per l'ispezione in conformità al punto 12.5.2.3 devono essere controllati per stabilire che le regolazioni finali degli indicatori siano in conformità ai requisiti della EN 14399-9. L'esame visivo deve comprendere un controllo per identificare tutti gli indicatori che presentano una compressione completa dell'indicatore.

Se gli elementi di collegamento non sono installati in conformità alla EN 14399-9 o se l'impostazione dell'indicatore finale non rientra nei limiti specificati, la rimozione e la reinstallazione dell'assieme non conforme devono essere supervisionate, quindi l'intero gruppo di elementi di collegamento deve essere ispezionato. Se l'indicatore di tensione diretta non è stato serrato al limite specificato, il gruppo può essere ulteriormente serrato fino al raggiungimento di tale limite.

12.5.3 Ispezione e riparazione di rivetti solidi per rivettatura a caldo

12.5.3.1 Ispezione

Il numero complessivo di rivetti ispezionati complessivamente in una struttura deve essere almeno del 5%, con un minimo di 5.

Le teste dei rivetti inseriti devono essere sottoposte a un esame visivo e soddisfare i criteri di accettazione del punto 8.7.3.

L'ispezione di un contatto soddisfacente deve essere effettuata picchiettando leggermente la testa del rivetto con un martello di 0,5 kg. L'ispezione è effettuata su un numero sufficiente di rivetti utilizzando un piano di campionamento sequenziale secondo l'appendice M fino a quando non risultano soddisfatte le condizioni di accettazione o di rifiuto per il tipo sequenziale in questione per i criteri pertinenti. I tipi sequenziali sono come segue:

a) EXC2 ed EXC3: tipo sequenziale A;

b) EXC4: tipo sequenziale B.

Se l'ispezione porta a un rifiuto, tutti i rivetti devono essere controllati e devono essere prese misure correttive.

12.5.3.2 Riparazioni

Se è necessario sostituire un rivetto difettoso, ciò deve essere fatto prima che la struttura sia caricata. Il taglio deve essere effettuato per mezzo di uno scalpello o mediante un taglio.

Dopo aver rimosso un rivetto, i lati del foro del rivetto devono essere ispezionati con attenzione. In caso di cricche, vaiolature o deformazioni del foro, quest'ultimo deve essere alesato. Se necessario, il rivetto di sostituzione deve essere di un diametro maggiore di quello del rivetto rimosso.

12.5.4 Elementi di collegamento e metodi di collegamento speciali

12.5.4.1 Generalità

Devono essere specificati i requisiti relativi all'ispezione dei collegamenti utilizzando elementi di collegamento speciali o metodi di collegamento speciali in conformità al punto 8.8.

Se nei materiali colati si utilizzano fori filettati, si deve effettuare una prova NDT intorno ai fori filettati per garantire l'omogeneità del materiale.

12.5.4.2 Altri elementi di collegamento meccanici

L'ispezione dei collegamenti con altri elementi di collegamento meccanici (quali, per esempio, bulloni a gancio, elementi di collegamento speciali) deve essere effettuata secondo le norme/raccomandazioni nazionali di prodotto o alle linee guida del fabbricante o a metodi specifici.

12.6 Trattamento della superficie e protezione contro la corrosione

Se la struttura deve essere protetta contro la corrosione, l'ispezione della struttura prima della protezione contro la corrosione deve essere effettuata in base ai requisiti di cui al punto 10.

Tutti i substrati (cioè superfici, saldature e bordi dei componenti di acciaio) devono essere ispezionati visivamente.

Per quanto riguarda i substrati sui quali devono essere successivamente applicate vernici o prodotti correlati, la valutazione della qualità del substrato deve essere come segue:

a) la pulizia delle superfici deve essere valutata secondo la EN ISO 8501-1 e sottoposta a prova secondo la serie EN ISO 8502;
b) la rugosità della superficie deve essere valutata secondo la serie EN ISO 8503;
c) il grado di preparazione di saldature, bordi e altre aree con imperfezioni superficiali deve essere valutato secondo la EN ISO 8501-3.

Successivamente, I componenti non conformi devono essere sottoposti a nuovi trattamenti, a nuove prove e a nuove ispezioni.

L'ispezione per la protezione contro la corrosione deve essere eseguita secondo l'appendice F.

12.7 Costruzione

12.7.1 Ispezione della costruzione di prova

Devono essere specificati i requisiti per l'ispezione di qualsiasi costruzione di prova di cui al punto 9.6.4.

12.7.2 Ispezione della struttura costruita

Le condizioni della struttura costruita devono essere ispezionate per individuare eventuali indicazioni che i componenti siano stati distorti o sottoposti a sollecitazioni eccessive e che gli attacchi temporanei siano stati rimossi in modo soddisfacente o siano in conformità ai requisiti specificati.

12.7.3 Rilevamento della posizione geometrica dei nodi di collegamento

12.7.3.1 Metodi e accuratezza delle indagini

Deve essere effettuata un'indagine sulla struttura completata. Questa indagine deve essere correlata alla rete secondaria. Per le EXC3 ed EXC4, l'indagine deve essere registrata. Se non diversamente specificato, all'accettazione della struttura, i controlli dimensionali specifici particolareggiati non necessitano di registrazione.

Il metodo selezionato deve tenere conto della capacità del processo di indagine in termini di accuratezza rispetto ai criteri di accettazione. Possono essere utilizzati metodi per l'indagine sul punto di intorbidamento.

I metodi e gli strumenti possono essere selezionati tra quelli elencati nella ISO 7976-1 e nella ISO 7976-2.

Se appropriato, l'indagine deve essere corretta per tener conto degli effetti della temperatura e dell'accuratezza delle misurazioni relative a quanto prescritto nel punto 9.4.1.

Le correzioni possono essere stimate secondo le parti pertinenti della ISO 17123.

12.7.3.2 Sistema di misurazione

Il sistema degli scostamenti ammessi è costituito dai punti di posizione al livello della base, da un involucro per la verticalità della colonna e da una serie di livelli intermedi e di copertura riferiti ai livelli del piano come costruiti.

Nota I punti di posizione contrassegnano la posizione dei singoli componenti, per esempio le colonne (vedere ISO 4463-1).

Ogni singolo valore deve essere in conformità ai valori delle cifre e dei prospetti. La somma algebrica dei valori discreti non deve essere maggiore agli scostamenti ammessi per la struttura totale.

Il sistema deve definire i requisiti per le posizioni dei collegamenti. Tra queste posizioni, le tolleranze di fabbricazione definiscono gli scostamenti ammessi.

Il sistema non definisce requisiti espliciti per i componenti strutturali secondari come i montanti laterali e gli arcarecci.

Durante l'adattamento a una costruzione esistente deve essere prestata particolare attenzione alla definizione di linee e livelli.

12.7.3.3 Punti e livelli di riferimento

Per ogni componente, che deve essere controllato, le tolleranze di costruzione devono essere specificate generalmente in relazione ai punti di riferimento che seguono:

a) per componenti entro 10° dalla verticale: il centro del componente a ciascuna estremità;

b) per gli elementi che non superano i 45° dell'orizzontale (compresi i vertici dei tralicci): il centro della superficie superiore a ciascuna estremità;

c) per i componenti interni dei tralicci e delle capriate: il centro del componente a ciascuna estremità;

d) per gli altri componenti: i disegni di costruzione devono indicare i punti di riferimento che devono essere generalmente le superfici superiori o esterne dei componenti principalmente soggetti a piegatura e le linee mediane dei componenti soggetti principalmente a compressione o tensione diretta.

I punti di riferimento alternativi possono essere sostituiti per facilità di riferimento, a condizione che abbiano effetto analogo a quelli sopra specificati.

12.7.3.4 Posizione e frequenza

Se non diversamente specificato, si procede unicamente alle misurazioni della posizione delle componenti adiacenti ai nodi di interconnessione del cantiere. La posizione e la frequenza delle misurazioni devono essere specificate nel piano di ispezione e di prova.

Si dovrebbero individuare i controlli dimensionali critici della struttura come costruita necessari in relazione a tolleranze particolari e questi dovrebbero essere integrati nel piano di ispezione e di prova.

Se non diversamente specificato, l'accuratezza di posizionamento della carpenteria di acciaio costruita dovrebbe essere misurata solo sotto il peso proprio della carpenteria di acciaio. Devono essere specificate le condizioni alle quali devono essere effettuate le misurazioni, nonché gli scostamenti e i movimenti dovuti ai carichi imposti, diversi da quelli dovuti al peso proprio della carpenteria di acciaio, se questi possono influenzare i controlli dimensionali.

12.7.3.5 Criteri di accettazione

I criteri di accettazione sono indicati nei punti 11.2 e 11.3.

12.7.3.6 Definizione di non conformità

La valutazione dell'esistenza di una non conformità deve tenere conto dell'inevitabile variabilità dei metodi di misurazione calcolati in conformità al punto 12.7.3.1.

Nota 1 Le norme da ISO 3443-1 a ISO 3443-3 forniscono una guida alle tolleranze per gli edifici e alle implicazioni delle variabilità (compresi gli scostamenti di fabbricazione, installazione e costruzione) per l'accoppiamento tra i componenti.

L'accuratezza della costruzione deve essere interpretata in relazione alle deformazioni previste, alle centinature, alle preimpostazioni, ai movimenti elastici e all'espansione termica dei componenti.

Nota 2 La EN 10088-1 fornisce valori per il coefficiente di dilatazione termica per i comuni acciai inossidabili.

Se si prevede un movimento significativo di una struttura che potrebbe influire sul controllo dimensionale (per esempio per le strutture in tensione), deve essere specificato un inviluppo delle posizioni ammissibili.

12.7.3.7 Azione in caso di non conformità

L'azione in caso di non conformità deve essere in conformità al punto 12.3. Le correzioni devono essere effettuate utilizzando metodi che sono in conformità alla presente norma europea.

Se una struttura di acciaio è consegnata con non conformità non corrette in attesa di azione, queste devono essere elencate.

12.7.4 Altre prove di accettazione

Se i componenti di una struttura devono essere costruiti con un carico specifico anziché in una posizione determinata, devono essere specificati i requisiti particolareggiati, compreso il campo di tolleranza del carico.

APPENDICE A (normativa) INFORMAZIONI, OPZIONI E REQUISITI AGGIUNTIVI RELATIVI ALLE CLASSI DI ESECUZIONE

A.1 Informazioni aggiuntive

Il presente punto elenca nel prospetto A.1 le informazioni aggiuntive che sono richieste nel testo della presente norma europea, come appropriato, per definire completamente i requisiti per l'esecuzione del lavoro per renderlo conforme alla presente norma europea (cioè dove si utilizza una formulazione come "deve essere specificato" o "la specifica di esecuzione deve specificare").

prospetto A.1 **Informazioni aggiuntive**

Punto	Informazioni aggiuntive richieste
4.2 - Documentazione del costruttore	
4.2.1	Punti di attesa o requisito di assistere a ispezioni o prove e ogni eventuale requisito di accesso conseguente
5 - Prodotti costituenti	
5.1	Caratteristiche dei prodotti non contemplati dalle norme elencate
5.3.1	Tipi, qualità e, se appropriato, pesi e finiture dei rivestimenti per prodotti di acciaio
5.3.3	Requisiti aggiuntivi relativi a particolari restrizioni su imperfezioni superficiali o riparazione di difetti superficiali mediante rettifica in conformità alla EN 10163 o alla EN 10088-4 o alla EN 10088-5 per l'acciaio inossidabile. Requisiti di finitura superficiale per altri prodotti
5.3.4	Requisiti relativi ai seguenti elementi: - prove sui prodotti costituenti; - caratteristiche di deformazione migliorate in direzione perpendicolare alla superficie; - condizioni di fornitura particolari degli acciai inossidabili; - condizioni di elaborazione.
5.4	Tipi, suffissi del tipo e finiture dei getti di acciaio
5.6.3	Classi di proprietà di viti e dadi, nonché finiture superficiali per assiemi di bulloneria per applicazioni non precaricate Condizioni tecniche di fornitura per gli assiemi di bulloneria Dettagli completi per l'utilizzo dei kit di isolamento
5.6.4	Classi di proprietà di viti e dadi e finiture superficiali per assiemi di bulloneria strutturale da precarico
5.6.6	Composizione chimica degli assiemi resistenti agli agenti atmosferici
5.6.7	Tipo di acciaio degli acciai di armatura
5.6.9.2	Dimensioni per rondelle coniche
5.6.10	Specifica per rivetti solidi per rivettatura a caldo
5.6.11	Elemento di collegamento speciale non normato nelle norme CEN o ISO, oltre a eventuali prove necessarie
5.9	Materiali di iniezione da utilizzare
5.10	Requisiti per il tipo e le caratteristiche dei giunti di espansione
5.11	Grado di resistenza alla trazione e rivestimento dei fili Designazione e classe dei trefoli Carico di rottura minimo e diametro delle funi di fili di acciaio e requisiti relativi alla protezione contro la corrosione
6 - Preparazione e assemblaggio	
6.2	Aree nelle quali il metodo di marcatura non può influire sulla durata a fatica Zone nelle quali i contrassegni di identificazione non sono ammessi o non devono essere visibili dopo il completamento
6.5.3.1	Ubicazione della misurazione della temperatura e dei campioni di prova per la zona riscaldata termicamente
6.6.1	Dimensioni speciali per giunti di dilatazione Diametro nominale del foro per rivetti solidi per rivettatura a caldo Dimensioni della svasatura
6.9	Requisiti particolari per i collegamenti di componenti provvisori, compresi quelli correlati alla fatica
6.10	Requisiti relativi all'eventuale utilizzo dell'insieme di prova e alla misura in cui esso deve essere utilizzato

prospetto A.1 **Informazioni aggiuntive** (Continua)

Punto	Informazioni aggiuntive richieste
7 - Saldatura	
7.4.1.1	Zone e metodi di avvio e di arresto dei giunti a sezione cava
7.5.6	Aree nelle quali non è ammessa la saldatura di attacchi temporanei L'utilizzo di attacchi temporanei per EXC3 ed EXC4
7.5.9.1	La posizione delle saldature di testa utilizzate come giunzioni per accogliere le lunghezze disponibili dei prodotti costituenti
7.5.13	Dimensioni dei fori per saldature in asola e in foro
7.5.14	Requisiti per altri tipi di saldatura
7.5.16	Se il controllo VT indica colpi d'arco su acciai di tipo < S460, deve essere integrato da controlli PT o MT Requisiti per la rettifica e la sbavatura della superficie delle saldature completate
7.6.1	Qualità della saldatura per saldature identificate per EXC4
7.6.2	Criteri di accettazione in termini di categoria di particolare (DC) per le posizioni saldate soggette a fatica Applicazione dei requisiti di esecuzione indicati nella EN 1993-1-9:2005, prospetti da 8.1 a 8.8. Applicazione dei requisiti di esecuzione indicati nella EN 1993-2:2006, appendice C.
7.7	I requisiti per la saldatura di diversi tipi di acciaio inossidabile tra loro o con altri acciai, come gli acciai al carbonio
8 - Elementi di collegamento meccanici	
8.2.2	Dimensioni dei bulloni di collegamento che utilizzano la capacità di taglio del gambo non filettato
8.2.4	Se le rondelle, qualora richieste, devono essere posizionate sotto il dado o la testa del bullone, a seconda di quale di esse sia ruotata, o entrambe Dimensioni e tipo di acciaio delle rondelle per lamiera
8.4	Requisiti correlati alle superfici di contatto dei collegamenti resistenti allo scivolamento per acciai inossidabili Area e classe delle superfici di contatto richieste nei giunti precaricati
8.8	Requisiti ed eventuali prove richieste per l'utilizzo di elementi di collegamento e metodi di collegamento speciali Requisiti per l'utilizzo di bulloni a iniezione di resina
9 - Costruzione	
9.3.1	Centinatura e preimpostazioni richieste rispetto a quelli fornite in fase di produzione
9.4.1	Temperatura di riferimento per la messa in opera e la misurazione della carpenteria di acciaio
9.5.5	Metodo di sigillatura dei bordi di una piastra di base se non è necessaria alcuna iniezione di cemento
10 - Trattamento della superficie	
10.1	I requisiti per tener conto del particolare sistema di rivestimento da applicare
10.3	Se necessario, procedure atte a garantire che la superficie degli acciai resistenti agli agenti atmosferici non rivestiti sia accettabile dal punto di vista visivo dopo l'invecchiamento artificiale Requisiti per il trattamento della superficie degli acciai non resistenti/resistenti agli agenti atmosferici a contatto
10.6	Sistema di trattamento interno, se gli spazi chiusi devono essere sigillati mediante saldatura o dotati di trattamento protettivo interno Metodo di sigillatura della parete di spazi chiusi sigillati penetrati da elementi di collegamento
10.9	Metodo e portata delle riparazioni dei prodotti costituenti preverniciati dopo il taglio o la saldatura
10.10	Metodo, livello ed entità della pulizia degli acciai inossidabili
11 - Tolleranze geometriche	
11.1	Informazioni aggiuntive relative alle tolleranze particolari, se queste tolleranze sono specificate
11.2.3.2	Tolleranze particolari per gusci con supporto continuo
11.3.2	Classe di tolleranza applicabile a ciascun componente o parte di una struttura

prospetto A.1 **Informazioni aggiuntive** (Continua)

Punto	Informazioni aggiuntive richieste
12 - Ispezione, prove e correzioni	
12.3	Ubicazione e frequenza delle misurazioni nel piano di ispezione e di prova
12.4.2.3	Lo scopo e campo di applicazione della NDT supplementare per ogni saldatura EXC4 identificata
12.4.2.4	Giunti EXC4 specifici per l'ispezione insieme all'entità delle prove
12.5.1	Requisiti relativi al controllo dell'installazione di un sistema di isolamento
12.5.2.1	Requisiti per l'ispezione e la prova degli assiemi di bulloneria precaricati utilizzati per i collegamenti di acciaio inossidabile
12.5.4.1	Requisiti relativi all'ispezione dei collegamenti mediante elementi di collegamento speciali o metodi di collegamento speciali
12.7.1	Requisiti per l'ispezione della costruzione di prova
appendice B - Tolleranze geometriche	
B.2	Scopo e campo di applicazione del controllo dimensionale per le misurazioni della concavità (vedere prospetto B.11)
appendice C - Lista di controllo per il contenuto di un piano della qualità	
C.2.3.4	Requisiti per la conservazione dei registri per più di dieci anni
appendice F - Protezione contro la corrosione	
F.1.2	Specifica delle prestazioni per la protezione contro la corrosione
F.1.3	Requisito prescrittivo sulla protezione contro la corrosione
F.4	Requisiti delle superfici d'attrito e classe di trattamento o di prova richiesta Entità delle superfici interessate dai bulloni precaricati dei collegamenti resistenti allo scivolamento
F.6.3	Requisiti relativi alla qualificazione della procedura di immersione se è specificata la zincatura per immersione a caldo di componenti ottenuti a freddo dopo la fabbricazione Requisiti relativi all'ispezione, al controllo o alla qualificazione della preparazione da eseguire prima del successivo rivestimento, per i componenti zincati per immersione a caldo
F.7.3	Aree di riferimento per sistemi di protezione contro la corrosione nelle categorie di corrosività da C3 a C5 e da Im1 a Im3
F.7.4	Componenti per i quali non è richiesta un'ispezione post-zincatura Componenti o punti specifici che devono essere sottoposti a NDT aggiuntive, insieme allo scopo e campo di applicazione e al metodo da utilizzare

A.2 Opzioni

La presente appendice elenca gli elementi che possono essere specificati nella specifica di esecuzione per definire i requisiti per l'esecuzione dell'attività, laddove le opzioni sono indicate nella presente norma europea (cioè quando si utilizza una formulazione del tipo "se non diversamente specificato" o "deve essere specificato se").

prospetto A.2 **Opzioni**

Punto	Opzione(i) da specificare
	4 - Specifiche e documentazione
4.2.2	Se è richiesto un piano della qualità per l'esecuzione dei lavori
	5 - Prodotti costituenti
5.2	Se per ciascun singolo prodotto costituente è specificata la rintracciabilità
5.3.1	Se devono essere utilizzati prodotti di acciaio per impieghi strutturali diversi da quelli elencati nei prospetti 2, 3 e 4
5.3.2	Se sono specificate altre tolleranze di spessore per piastre di acciaio per impieghi strutturali
5.3.3	Se devono essere riparate discontinuità come cricche, scheggiature e linee di giunzione
5.3.4	Se la classe di qualità di discontinuità interna S1 è per giunti a croce saldati Se si deve controllare l'esistenza di discontinuità interne nelle aree prossime a membrane portanti o irrigidimenti
5.4	Opzioni per getti di acciaio Se sono richieste altre valutazioni diverse dalle prove Se sono richiesti altri criteri di accettazione

prospetto A.2 **Opzioni** (Continua)

Punto	Opzione(i) da specificare
5.5	Se devono essere utilizzate altre opzioni oltre a quelle nel prospetto 6
5.6.3	Se è possibile utilizzare elementi di collegamento secondo la EN ISO 898-1 e la EN ISO 898-2 per unire acciai inossidabili secondo la EN 10088-4 o la EN 10088-5
5.6.4	Se è possibile utilizzare assiemi di bulloneria di acciaio inossidabile nelle applicazioni precaricate
5.6.7	Se per i bulloni di fondazione si possono utilizzare acciai di armatura insieme al tipo di acciaio
5.6.8	Se non è richiesto nessun dispositivo di bloccaggio Se devono essere utilizzati prodotti diversi da quelli delle norme indicate
	6 - Preparazione e assemblaggio
6.2	Se si applicano altri requisiti ai numeri stampati o ai contrassegni punzonati o perforati Se si possono utilizzare timbri morbidi o a bassa pressione Se i timbri morbidi o a bassa pressione non possono essere utilizzati per gli acciai inossidabili
6.4.3	Altri requisiti di qualità per superfici di taglio diverse da quelle del prospetto 9
6.4.4	Se la durezza delle superfici a bordi liberi è specificata per gli acciai al carbonio Se sono previsti altri requisiti per il controllo della capacità dei processi di taglio
6.5.2	Se è ammessa la formatura a caldo dell'acciaio inossidabile
6.5.3.1	Se è richiesta una procedura documentata per il raddrizzamento a fiamma per acciai di tipo S355 e minore
6.5.4	Altri raggi minimi di piegatura per acciai inossidabili dei tipi riferiti Altre condizioni per la piegatura di tubi circolari mediante formatura a freddo
6.6.1	Altri interspazi nominali per diametro del bullone o del piolo minore di 12 mm o maggiore di 36 mm Altri interspazi nominali per i normali fori circolari per applicazioni come torri e pali Se si possono utilizzare bulloni a testa svasata da 12 e 14 mm nei fori da 2 mm di interspazio
6.6.2	Altre tolleranze sul diametro dei fori
6.6.3	Se i fori al di fuori dei limiti identificati non devono essere formati mediante punzonatura
6.7	Se gli angoli rientranti o gli intagli possono essere arrotondati con altri valori minimi di raggio. Se non sono ammesse sfinestrature punzonate
6.8	Se sono richieste superfici di appoggio a contatto completo
	7 - Saldatura
7.2.2	Se non sono richieste le condizioni per la saldatura di zone formate a freddo secondo il punto 4.14 della EN 1993-1-8:2005
7.4.1.1	Se sono richieste particolari condizioni di deposito per le saldature di puntatura Se si devono utilizzare istruzioni di lavoro per EXC1
7.4.1.2	Se si possono utilizzare le procedure di saldatura di riferimento per EXC3 o EXC4 (nel prospetto 12) Condizioni alternative alle prove in conformità alla EN ISO 9018
7.4.2.2	Procedure di qualificazione alternative per saldatori dei collegamenti di derivazione
7.5.1.1	Se i fori di accesso all'anima possono avere un raggio minore di 40 mm
7.5.4	Altre specifiche diverse da quelle di cui all'appendice E per l'assemblaggio di componenti a sezione cava da saldare
7.5.6	Se la picchiettatura e la scriccatura sono consentite su tipi ≥ S460 o su componenti soggetti a fatica
7.5.8.2	Se i rinvii di estremità delle saldature d'angolo non devono essere completati
7.5.9.1	Per EXC2, se sono richiesti pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa trasversali a piena penetrazione Per EXC2, EXC3 ed EXC4, se sono richiesti pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa longitudinali a piena penetrazione o saldature di testa a penetrazione parziale Se è richiesta una superficie a filo
7.5.9.2	Se il materiale di supporto di acciaio permanente non deve essere utilizzato per saldature su un solo lato Se è ammessa la rettifica a filo di saldature di testa su un solo lato in giunti tra sezioni cave eseguite senza sostegno
7.5.13	Se sono ammesse saldature in foro senza precedenti saldature in asola
7.5.16	Se, per i tipi di acciaio ≥ S460, non è richiesta la rimozione degli spruzzi di saldatura.
7.6.1	Se, per EXC1, EXC2 e EXC3, sono richiesti altri criteri di accettabilità per le imperfezioni di saldatura
7.6.2	Criteri alternativi se i criteri di accettazione per le saldature soggette a fatica non devono essere specificati in termini di categoria di particolare (DC) Se si devono utilizzare i criteri di accettazione di cui all'appendice C della EN ISO 5817:2014

prospetto A.2 **Opzioni** (Continua)

Punto	Opzione(i) da specificare
7.6.3	Requisiti per saldature su impalcati per ponti ortotropi
	8 - Elementi di collegamento meccanici
8.2.1	Se, in aggiunta al serraggio, devono essere utilizzate altre misure o mezzi per fissare i dadi Se gli assiemi precaricati richiedono dispositivi di bloccaggio aggiuntivi Se viti e dadi possono essere saldati
8.2.2	Se il diametro nominale dell'elemento di collegamento può essere minore di M12 per l'imbullonamento strutturale
8.2.4	Se sono richieste rondelle per collegamenti a bullone non precaricati Se non sono richieste rondelle sia sotto la testa del bullone sia sotto il dado per collegamenti a sovrapposizione singola con una sola fila di bulloni Se le rondelle per lamiera non sono richieste per i collegamenti con fori scanalati e sovradimensionati
8.3	Se è specificato l'appoggio a contatto completo
8.5.1	Altri valori nominali della forza di precarico minima insieme ai dati pertinenti su assiemi di bulloneria, metodo di serraggio, parametri di serraggio e requisiti di ispezione Se è richiesto un livello minore di precarico Se ci sono restrizioni sull'utilizzo di uno dei metodi di serraggio indicati nel prospetto 19 Se è ammessa la taratura all'appendice H per il metodo della coppia Se devono essere adottate misure aggiuntive per compensare una possibile perdita di forza di precarico successiva
8.5.4	Se sono specificati valori diversi da quelli indicati nel prospetto 20 Se per la seconda fase sono richiesti valori diversi da quelli indicati nel prospetto 21
8.5.5	Se la prima fase del metodo HRC deve essere ripetuta
8.6	Se la lunghezza della parte filettata del gambo della vite calibrata (compresa la parte terminale della filettatura) compresa nella lunghezza del cuscinetto può essere maggiore di 1/3 dello spessore della piastra
8.7.2	Se è richiesta una superficie a filo di rivetti a testa svasata
8.7.3	Se le facce esterne delle piegature non devono presentare rigature dovute alla macchina rivettatrice
	9 - Costruzione
9.4.1	Se le misurazioni in cantiere delle opere devono essere correlate a sistemi diversi dal sistema stabilito per la messa in opera e la misurazione delle opere di costruzione
9.5.3	Se la compensazione per l'assestamento dei supporti non è accettabile
9.5.4	Se le tenute da iniettare successivamente possono essere posate in modo tale che la malta non le racchiuda completamente Se le tenute per ponti possono essere lasciate in posizione Se si devono rimuovere i dadi di livellamento sui bulloni di fondazione sotto la piastra di base
9.5.5	Se si devono utilizzare compattazioni e battiture su supporti correttamente fissati Se prima dell'iniezione di cemento è richiesto il trattamento delle superfici della carpenteria di acciaio, degli appoggi e del calcestruzzo
9.6.5.2	Se è richiesto che i controventi negli edifici alti siano sgravati dalla sollecitazione con l'avanzare della costruzione
9.6.5.3	Se il materiale degli spessori deve essere diverso dall'acciaio piatto Se per allineare i collegamenti non possono essere utilizzate brocce
	10 - Trattamento della superficie
10.2	Se esistono requisiti per la pulizia delle superfici degli acciai inossidabili Se si deve applicare un grado di preparazione diverso da P1 Se deve essere utilizzato il grado di preparazione P2 o P3 per una categoria di corrosione superiore a C3 con durata prevista della protezione contro la corrosione maggiore di 15 anni
10.5	Se e con quale prodotto si devono sigillare gli spazi chiusi dopo la zincatura per immersione a caldo Se è richiesta l'effettuazione della sabbiatura prima della zincatura per immersione a caldo e, in caso positivo, quali sono i suoi requisiti
10.6	Se le imperfezioni di saldatura permesse dalla specifica di esecuzione richiedono una sigillatura mediante l'applicazione di materiale di riempimento adatto a prevenire l'ingresso di umidità Se le saldature di tenuta richiedono un'ulteriore ispezione dopo un esame visivo
10.7	Se esistono requisiti specifici per il rivestimento di superfici a contatto con il calcestruzzo
10.8	Se alle superfici di contatto e alle superfici al di sotto delle rondelle devono essere applicati trattamenti diversi dal primer e dal rivestimento intermedio Se i collegamenti imbullonati, compreso il loro perimetro, devono essere trattati con un sistema diverso da quello di protezione completa contro la corrosione specificato per il resto della carpenteria di acciaio

prospetto A.2 **Opzioni** (Continua)

Punto	Opzione(i) da specificare
10.9	Se, dopo il taglio, è richiesta una riparazione o un trattamento protettivo aggiuntivo per i bordi di taglio e le superfici adiacenti
11 - Tolleranze geometriche	
11.1	Se sono richieste tolleranze particolari
11.2.3.5	Se non è possibile utilizzare spessori per ridurre l'interstizio tra le giunzioni dei bulloni nell'appoggio a contatto completo
11.3.1	Se si applicano i criteri alternativi di tolleranza funzionale di cui al punto 11.3.3
11.3.2	Singoli componenti o parti selezionate di una struttura costruita alla quale si applica la classe di tolleranza 2
11.3.3	Se devono essere applicati criteri alternativi specifici
12 - Ispezione, prove e correzioni	
12.2.1	Se esistono requisiti per le prove specifiche dei prodotti costituenti
12.3	Altri metodi per la riparazione dei danni che provocano ammaccature locali sulla superficie delle sezioni cave
12.4.2.1	Se dopo la saldatura si deve controllare la presenza di laminazioni sul metallo base
12.4.2.3	Se sono richieste altre regole per la definizione della percentuale delle prove
12.4.2.4	Se si individuano giunti specifici da ispezionare, insieme all'entità e al metodo di prova per EXC1, EXC2 e EXC3 Se per definire lo scopo e campo di applicazione e la percentuale delle classi supplementari di ispezione della saldatura e, in caso affermativo, la classe di ispezione della saldatura per ciascuna saldatura pertinente, devono essere utilizzate le classi di ispezione della saldatura
12.4.4	Se sono richieste prove di produzione per EXC3 ed EXC4
12.5.2.4	Metodo di ispezione diverso dal piano di campionamento sequenziale di cui all'appendice M Se nel metodo della coppia è richiesto un controllo del serraggio eccessivo
12.5.2.5	Se è richiesto un controllo del serraggio eccessivo utilizzando il metodo della coppia e, in caso affermativo, i requisiti per il controllo
12.7.3.1	Se sono richiesti controlli dimensionali specifici particolareggiati al momento dell'accettazione
12.7.3.4	Entità delle misurazioni per la rilevazione della posizione geometrica dei nodi di collegamento, se diversi dai nodi di interconnessione del cantiere Condizioni delle misurazioni diverse dal peso proprio della carpenteria di acciaio
12.7.3.6	Un inviluppo delle posizioni ammissibili se si prevede un movimento significativo di una struttura che potrebbe influire sul controllo dimensionale
12.7.4	Intervallo di tolleranza sul carico, se i componenti di una struttura devono essere costruiti con un carico specifico
appendice D - Procedura di controllo della capacità dei processi di taglio termico automatizzati	
D.1	Se la verifica della qualità delle superfici di taglio non deve essere effettuata sotto l'autorità del coordinatore della saldatura responsabile
appendice E - Giunti saldati nelle sezioni cave	
E.4(d)	Se l'area del bordo del cordone nascosta non deve essere saldata
appendice F - Protezione contro la corrosione	
F.1.2	Se deve essere utilizzata la specifica delle prestazioni
F.2.2	Requisiti diversi da quelli della serie EN ISO 8501 e della EN ISO 1461 per la preparazione delle superfici degli acciai al carbonio
F.5	Se la parte inferiore incorporata dei bulloni di fondazione non deve essere lasciata non trattata
F.7.2	Altri requisiti relativi all'entità del controllo richiesto per il trattamento di verniciatura
F.7.3	Se non devono essere specificate aree di riferimento per i sistemi di protezione contro la corrosione nelle categorie di corrosività da C3 a C5 e da Im1 a Im3
F.7.4	Se i componenti zincati per immersione a caldo non sono sottoposti a ispezione post-zincatura (LMAC)
appendice G - Determinazione del fattore di scorrimento	
G.5	Se la durata di vita prevista della struttura è diversa da 50 anni
G.6	Se è richiesta una prova di scorrimento prolungata
appendice I - Determinazione della perdita di precarico per una piegatura superficiale spessa	
I.1	I precarichi formano assiemi di bulloneria serrati che devono essere serrati e serrati nuovamente mediante il metodo della coppia di serraggio (vedere prospetto I.1)

A.3 Requisiti relativi alle classi di esecuzione

Il presente punto elenca i requisiti specifici per ciascuna delle classi di esecuzione alle quali si fa riferimento nella presente norma europea. "Nr" nel prospetto significa: Nessun requisito specifico nel testo.

Le voci identificate con [PC] nel prospetto A.3 si riferiscono al sistema generale di controllo dell'esecuzione e sono riconducibili ad una scelta comune di classe di esecuzione per l'insieme dei lavori (o per una fase dei lavori). Gli altri elementi identificati con [PS] generalmente richiedono la selezione della classe di esecuzione appropriata in base a un progetto specifico componente per componente o a un collegamento particolare per particolare.

prospetto A.3 **Requisiti per ciascuna classe di esecuzione**

Punti	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
		4 - Specifiche e documentazione		
4.2 Documentazione del costruttore				
4.2.1 Documentazione sulla qualità [PC]	Nr	Sì	Sì	Sì
		5 - Prodotti costituenti		
5.2 Identificazione, documenti di ispezione e rintracciabilità				
Rintracciabilità [PC]	Nr	Sì (per marcatura)	Sì (dal ricevimento al passaggio di consegne)	Sì (dal ricevimento al passaggio di consegne)
Marcatura [PC]	Nr	Sì	Sì	Sì
		6 - Preparazione e assemblaggio		
6.4 Taglio				
6.4.3 Taglio termico [PC]	Vedere prospetto 9	Vedere prospetto 9	Vedere prospetto 9	Vedere prospetto 9
		7 - Saldatura		
7.1 Generalità				
7.1 Generalità [PC]	EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-2
7.4 Qualificazione delle procedure di saldatura e del personale addetto alla saldatura				
7.4.1 Qualificazione delle procedure di saldatura				
7.4.1.1 Generalità [PC]	Istruzioni di lavoro appropriate (se specificate per l'utilizzo)	Vedere EN ISO 3834-3	Vedere EN ISO 3834-2	Vedere EN ISO 3834-2
7.4.1.2 Qualificazione delle procedure di saldatura [PC]	Nr	Vedere prospetto 12	Vedere prospetto 12	Vedere prospetto 12
7.4.2.1 Saldatori e operatori di saldatura [PC]	Frequenza di riconvalida specificata	Vedere EN ISO 3834-3	Vedere EN ISO 3834-2	Vedere EN ISO 3834-2
7.4.3 Coordinamento delle attività di saldatura [PC]	Supervisione sufficiente	Conoscenze tecniche secondo i prospetti 14 o 15	Conoscenze tecniche secondo i prospetti 14 o 15	Conoscenze tecniche secondo i prospetti 14 o 15
7.5 Preparazione ed esecuzione della saldatura				
7.5.1 Preparazione del giunto				
7.5.1.1 Generalità [PC]	Nr	Primer di prefabbricazione non ammessi se non sottoposti a prova	Primer di prefabbricazione non ammessi se non sottoposti a prova	Primer di prefabbricazione non ammessi se non sottoposti a prova
7.5.6 Attacchi temporanei [PS]	Nr	Nr	Possono essere specificate restrizioni sull'utilizzo	Possono essere specificate restrizioni sull'utilizzo
7.5.7 Saldature di puntatura [PC]	Nr	Procedura di saldatura qualificata	Procedura di saldatura qualificata	Procedura di saldatura qualificata

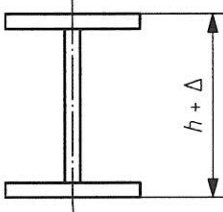
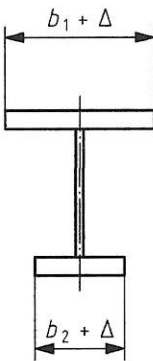
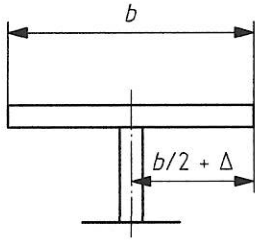
prospetto A.3 **Requisiti per ciascuna classe di esecuzione** (Continua)

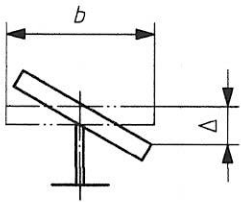
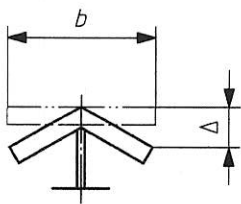
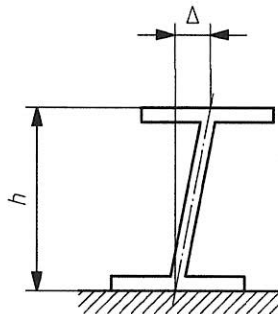
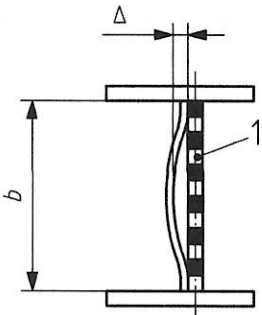
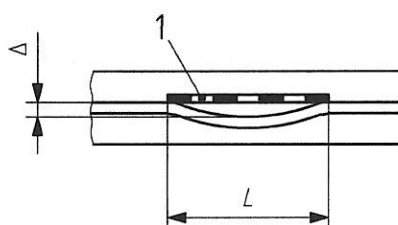
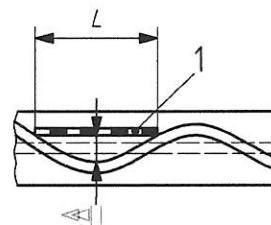
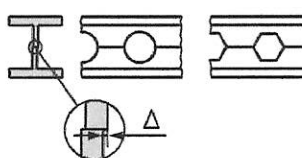
Punti	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
7.5.9 Saldature di testa				
7.5.9.1 Generalità [PC]	Nr	Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa trasversali a piena penetrazione (se specificato) Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa longitudinali a piena penetrazione o saldature di testa a penetrazione parziale (se specificato)	Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa trasversali a piena penetrazione Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa longitudinali a piena penetrazione o saldature di testa a penetrazione parziale (se specificato)	Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa trasversali a piena penetrazione Pezzi di inizio saldatura e di fine saldatura per saldature di testa longitudinali a piena penetrazione o saldature di testa a penetrazione parziale (se specificato)
7.5.9.2 Saldature su un solo lato [PC]	Nr	Nr	Sostegno permanente continuo	Sostegno permanente continuo
7.6 Criteri di accettazione				
7.6.1 Requisiti ordinari [PC] [PS per EXC4]	EN ISO 5817 Generalmente livello di qualità D	EN ISO 5817 Generalmente livello di qualità C	EN ISO 5817 Livello di qualità B	EN ISO 5817, EXC3 come minimo con criteri specifici per saldature identificate
7.6.2 Requisiti di fatica [PC]	Non applicabile	EN ISO 5817:2014, appendice C (se il suo utilizzo è specificato)	EN ISO 5817:2014, appendice C (se il suo utilizzo è specificato)	EN ISO 5817:2014, appendice C (se il suo utilizzo è specificato)
9 - Costruzione				
9.6 Costruzione e lavoro in cantiere				
9.6.3 Manipolazione e immagazzinamento in cantiere [PC]	Nr	Procedura di ripristino documentata	Procedura di ripristino documentata	Procedura di ripristino documentata
12 - Ispezione, prove e riparazione				
12.4 Saldatura				
12.4.2 Ispezione dopo la saldatura				
12.4.2.3 Ispezione ordinaria [PC]	NDT: vedere prospetto 24	NDT: vedere prospetto 24	NDT: vedere prospetto 24	NDT: EXC3 secondo il prospetto 24 come minimo
12.4.2.4 Ispezione specifica di progetto [PS]	Vedere prospetto A.2	Vedere prospetto A.2	Vedere prospetto A.2	Giunti identificati per l'ispezione insieme con l'entità delle prove
12.4.2.7 Correzione delle saldature [PC]	Nr	Secondo la WPS	Secondo la WPS	Secondo la WPS
12.5 Elementi di collegamento meccanici				
12.5.2 Ispezione e prova di collegamenti imbullonati precaricati				
12.5.2.3 Prima del serraggio [PC]	Nr	Controllo della procedura di serraggio	Controllo della procedura di serraggio	Controllo della procedura di serraggio
12.5.2.4 Durante e dopo il serraggio [PC]	Nr	5% della seconda fase di serraggio utilizzando il tipo sequenziale A (se non diversamente specificato)	5% della prima fase di serraggio e 10% della seconda fase di serraggio utilizzando il tipo sequenziale A (se non diversamente specificato)	5% della prima fase di serraggio e 10% della seconda fase di serraggio utilizzando il tipo sequenziale B (se non diversamente specificato)
12.5.2.5 Metodo della coppia [PC]	Nr	Vedere prospetto 25	Vedere prospetto 25	Vedere prospetto 25
12.5.2.6 Metodo combinato [PC]	Nr per il controllo della prima fase di serraggio	Nr per il controllo della prima fase di serraggio	Controllo della prima fase di serraggio prima della marcatura	Controllo della prima fase di serraggio prima della marcatura

prospetto A.3 **Requisiti per ciascuna classe di esecuzione** (Continua)

Punti	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
12.5.2.7 Metodo HRC [PC]	Nr	Ispezione della prima fase *di serraggio*	Ispezione della prima *fase di serraggio*	Ispezione della prima fase *di serraggio*
12.5.3.1 Ispezione, prova e riparazione di rivetti solidi per rivettatura a caldo [PC]	Nr	Prova del suono Tipo sequenziale A	Prova del suono Tipo sequenziale A	Prova del suono Tipo sequenziale B
12.7 Costruzione				
12.7.3.1 Indagine della posizione geometrica dei nodi di collegamento [PC]	Nr	Nr	Registrazione dell'esame	Registrazione dell'esame

APPENDICE B TOLLERANZE GEOMETRICHE
(normativa)

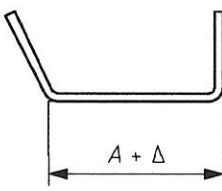
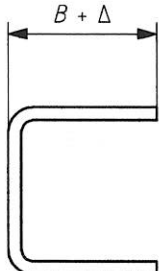
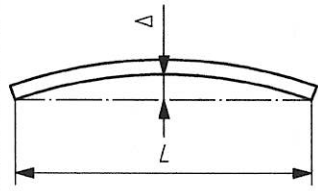
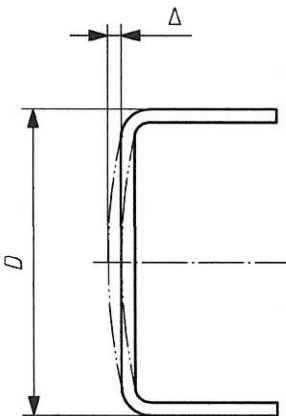
B.1 Generalità

Gli scostamenti ammessi per tolleranze di fabbricazione essenziali e funzionali sono riportati nei prospetti da B.1 a B.14.

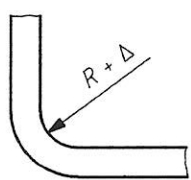
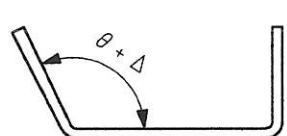
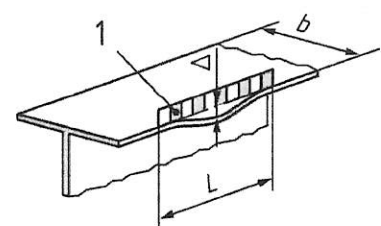
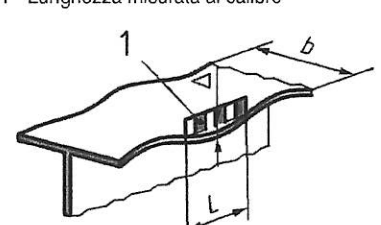
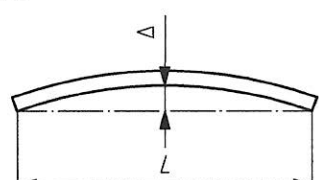
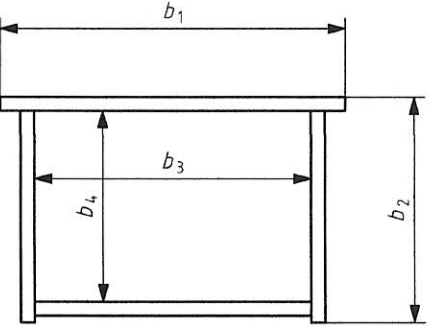
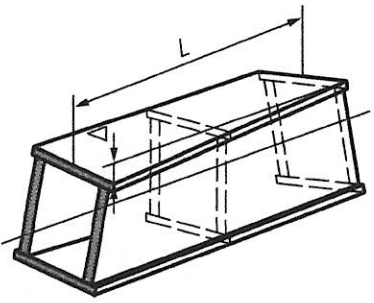
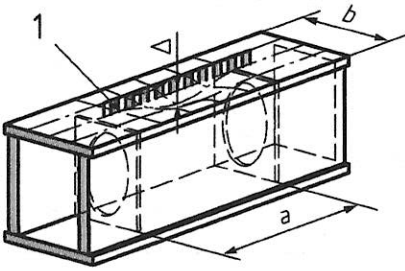
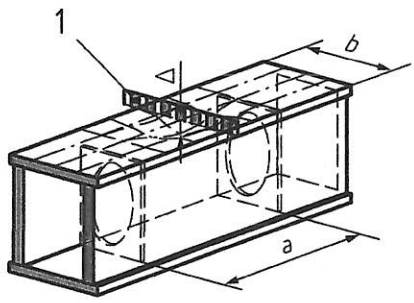
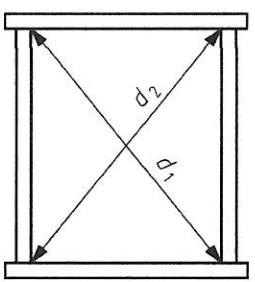
Gli scostamenti ammessi per le tolleranze di costruzione essenziali e funzionali sono riportati nei prospetti da B.15 a B.25.

Nota Vedere il prEN 1090-4 per le tolleranze di fabbricazione per le lamiere formate a freddo e le tolleranze di costruzione per le lamiere profilate di acciaio.

B.2 Tolleranze di fabbricazione

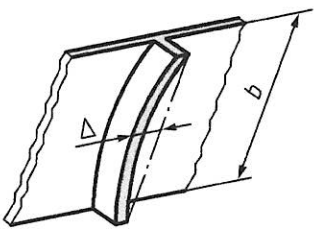
prospetto B.1 **Tolleranze di fabbricazione - Profilati saldati**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Profondità $h + \Delta$	Profondità complessiva h: $h \leq 900$ mm $900 < h \leq 1800$ mm $h > 1800$ mm	$-\Delta = h/50$ (notare il segno negativo)	 $\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = \pm h/300$ $\Delta = \pm 6$ mm	 $\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm h/450$ $\Delta = \pm 4$ mm
2	Larghezza della flangia: $b_1 + \Delta$ $b_2 + \Delta$	Larghezza $b = b_1$ oppure b_2:	$-\Delta = b/100$ (notare il segno negativo)	$+\Delta = b/100$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm	$+\Delta = b/100$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 2$ mm
3	Eccentricità del setto: b $b/2 + \Delta$	Posizione del setto: - caso generale: - parti della flangia a contatto con gli appoggi strutturali:	Nessun requisito	 $\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = \pm 3$ mm	 $\Delta = \pm 4$ mm $\Delta = \pm 2$ mm

prospetto B.1 **Tolleranze di fabbricazione - Profilati saldati** (Continua)

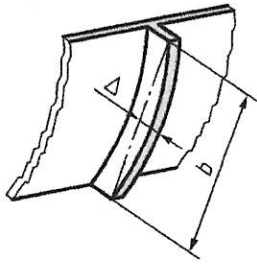
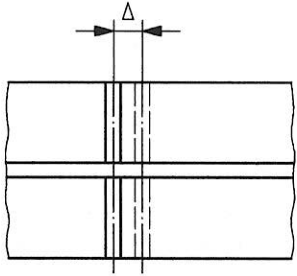
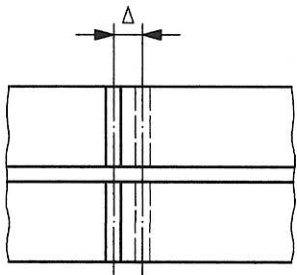
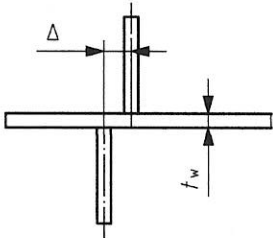
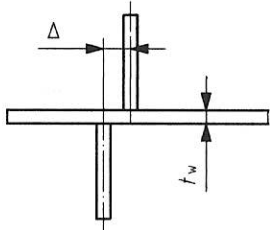
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
4	Ortogonalità delle flange: b Δ	Scostamento dall'ortogonalità: - caso generale: - parti della flangia a contatto con gli appoggi strutturali:	Nessun requisito	$\Delta = \pm b/100$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm $\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/100$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm $\Delta = \pm b/400$
5	Planarità delle flange: b Δ	Scostamento dalla planarità: - caso generale: - parti della flangia a contatto con gli appoggi strutturali:	Nessun requisito	$\Delta = \pm b/150$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm $\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/150$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 2$ mm $\Delta = \pm b/400$
6	Ortogonalità degli appoggi: Δ h	Verticalità del setto sui supporti, per componenti senza irrigidimenti dell'appoggio:	$\Delta = \pm h/200$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq t_w$ (t_w = spessore del setto)	$\Delta = \pm h/300$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm	$\Delta = \pm h/500$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 2$ mm
7	Curvatura della lamiera: Δ 1 b	Scostamento Δ rispetto all'altezza della lamiera b:	$\Delta = \pm b/200$ se $b/t \leq 80$ $\Delta = \pm b^2/(16\,000\,t)$ se $80 < b/t \leq 200$ $\Delta = \pm b/80$ se $b/t > 200$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq t$ (t = spessore della lamiera)	$\Delta = \pm b/100$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm	$\Delta = \pm b/150$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm

prospetto B.1 **Tolleranze di fabbricazione - Profilati saldati** (Continua)

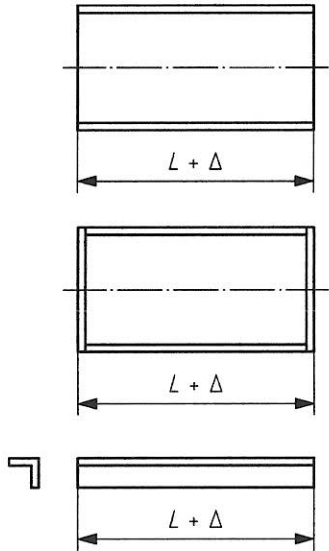
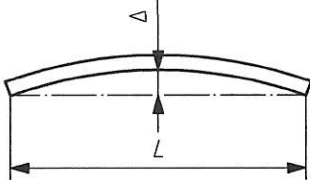
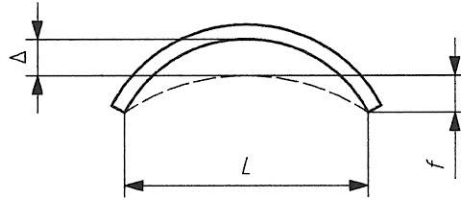
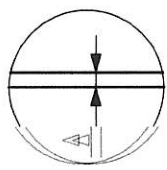
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
8	Distorsione del setto: 1 L	Scostamento Δ sulla lunghezza misurata al calibro L uguale all'altezza del setto b (vedere (7)): Nota Per i componenti conici o con altezza del setto variabile b lo scostamento ammesso è correlato all'altezza media del setto nel punto in cui si trova il calibro.	$\Delta = \pm b/100$ ma $\|\Delta\| \geq t$ (t = spessore della lamiera)	$\Delta = \pm b/100$ ma $\|\Delta\| \geq 5$ mm	$\Delta = \pm b/150$ ma $\|\Delta\| \geq 3$ mm
9	Ondulazione del setto: L 1	Scostamento Δ sulla lunghezza misurata al calibro L uguale all'altezza del setto b (vedere (7)): Nota Per i componenti conici o con altezza del setto variabile b lo scostamento ammesso è correlato all'altezza media del setto nel punto in cui si trova il calibro.	$\Delta = \pm b/100$ ma $\|\Delta\| \geq t$ (t = spessore della lamiera)	$\Delta = \pm b/100$ ma $\|\Delta\| \geq 5$ mm	$\Delta = \pm b/150$ ma $\|\Delta\| \geq 3$ mm
10	Travi alveolate e travi cellulari [fabbricate con piastre o con sezioni laminate a caldo] con aperture del diametro nominale inscritto D. Δ	Disallineamento della posizione del setto: - sullo spessore: - sovrapposizione per l'apertura del raggio nominale r: $r = D/2 < 200$ mm $r = D/2 \geq 200$ mm	Nessun requisito	$\Delta = 2$ mm $\Delta = 2$ mm $\Delta = r/100$ e $\Delta \leq 5$ mm	$\Delta = 2$ mm $\Delta = 2$ mm $\Delta = r/100$ e $\Delta \leq 5$ mm

Legenda:
1 Lunghezza misurata al calibro.
Nota Notazioni come $\Delta = \pm d/100$ ma $|\Delta| \geq t$ significano che $|\Delta|$ è *maggiore* di $d/100$ e t.

prospetto B.2 **Tolleranze di fabbricazione - Profilati sagomati con pressa piegatrice**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Larghezza elemento interno: $A + \Delta$	Larghezza A tra i gomiti (componente dello spessore t): $t < 3$ mm: lunghezza < 7 m lunghezza ≥ 7 m $t \geq 3$ mm: lunghezza < 7 m lunghezza ≥ 7 m	$-\Delta = A/50$ (notare il segno negativo)	 $\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = -3$ mm / $+5$ mm $\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = -5$ mm / $+9$ mm	 $\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = -2$ mm / $+4$ mm $\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = -3$ mm / $+6$ mm
2	Larghezza dell'elemento esterno: $B + \Delta$	Larghezza B tra un gomito e un bordo libero (componente di spessore t): bordo fresato: $t < 3$ mm $t \geq 3$ mm bordo tranciato: $t < 3$ mm $t \geq 3$ mm	$-\Delta = B/80$ (notare il segno negativo)	 $\Delta = -3$ mm / $+6$ mm $\Delta = -5$ mm / $+7$ mm $\Delta = -2$ mm / $+5$ mm $\Delta = -3$ mm / $+6$ mm	 $\Delta = -2$ mm / $+4$ mm $\Delta = -3$ mm / $+5$ mm $\Delta = -1$ mm / $+3$ mm $\Delta = -2$ mm / $+4$ mm
3	Linearità per componente da utilizzare senza vincoli: Δ L	Scostamento Δ dalla linearità:	$\Delta = \pm L/1000$	Nessun requisito	Nessun requisito
4	Planarità: Δ D	Convessità o concavità:	Nessun requisito	$\Delta = \pm D/50$	$\Delta = \pm D/100$

prospetto B.2 **Tolleranze di fabbricazione - Profilati sagomati con pressa piegatrice** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
5	Raggio del gomito: R + Δ	Raggio del gomito interno *R*:	Nessun requisito	Δ = ± 2 mm	Δ = ± 1 mm
6	Forma: θ + Δ	Angolo θ tra componenti adiacenti:	Nessun requisito	Δ = ± 3°	Δ = ± 2°

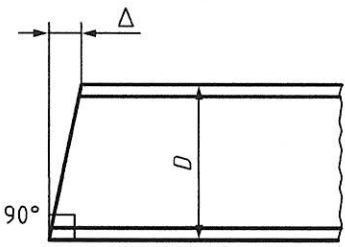
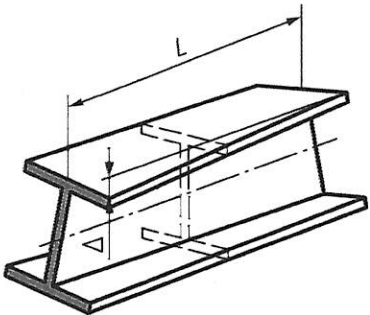
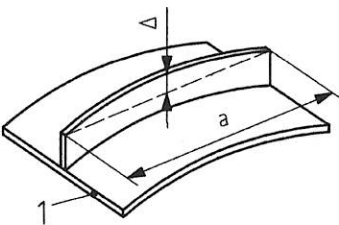
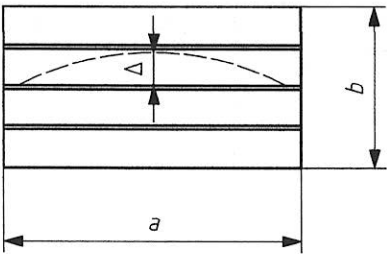
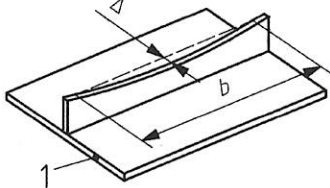
prospetto B.3 **Tolleranze di fabbricazione - Flange di profilati saldati**

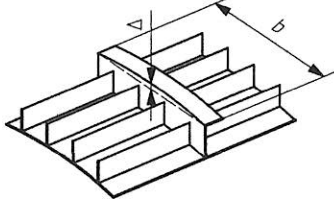
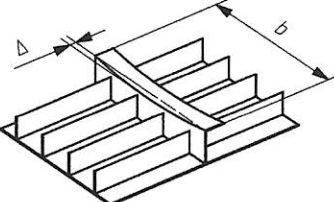
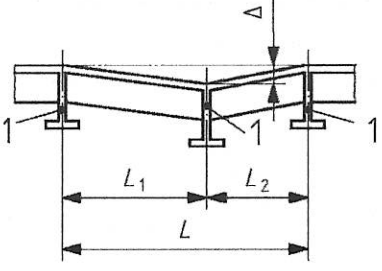
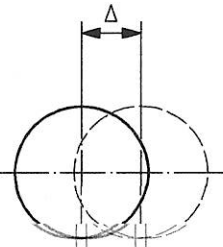
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Distorsione della flangia della sezione a *I*: Legenda 1 Lunghezza misurata al calibro 1, b, Δ, L	Scostamento Δ sulla lunghezza misurata al calibro *L* dove *L* = larghezza della flangia *b*:	$\Delta = \pm b/150$ se $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3000\ t)$ se $b/t > 20$ *t* = spessore della flangia	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/150$
2	Ondulazione della flangia della sezione a *I*: Legenda 1 Lunghezza misurata al calibro 1, b, Δ, L	Scostamento Δ sulla lunghezza misurata al calibro *L* dove *L* = larghezza della flangia *b*:	$\Delta = \pm b/150$ se $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3000\ t)$ se $b/t > 20$ *t* = spessore della flangia	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/150$
3	Linearità per componente da utilizzare senza vincoli: Δ, L	Scostamento Δ dalla linearità:	$\Delta = \pm L/1000$	$\Delta = \pm L/1000$	$\Delta = \pm L/1000$

prospetto B.4 **Tolleranze di fabbricazione - Flange delle sezioni scatolari saldate**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Dimensioni della sezione: b_1, b_2, b_3, b_4	Scostamento nelle dimensioni interne o esterne: $b < 900$ mm 900 mm $\leq b <$ 1800 mm $b \geq$ 1800 mm dove: $b = b_1$, b_2, b_3 o b_4	- Δ = b/100 (Nota negativa firma)	Δ = ± 3 mm Δ = ± b/300 Δ = ± 6 mm	Δ = ± 2 mm Δ = ± b/450 Δ = ± 4 mm
2	Deformazione torsionale: L, Δ	Scostamento complessivo Δ in un pezzo di lunghezza L:	Nessun requisito	Δ = ± L/700 ma |Δ| ≥ 4 mm e |Δ| ≤ 10 mm	Δ = ± L/1000 ma |Δ| ≥ 3 mm e |Δ| ≤ 8 mm
3	Imperfezioni di scostamento dalla planarità di pannelli di lamiera tra setti o irrigidimenti, caso generale: Legenda: 1 Calibro a regolo di lunghezza L 1, Δ, b, a	Scostamento Δ perpendicolare al piano della piastra: se $a \leq 2b$: L = a se $a > 2b$: $L = 2b$	Δ = ± a/250 Δ = ± b/125	Δ = ± a/250 Δ = ± b/125	Δ = ± a/250 Δ = ± b/125

prospetto B.4 **Tolleranze di fabbricazione - Flange delle sezioni scatolari saldate** (Continua)

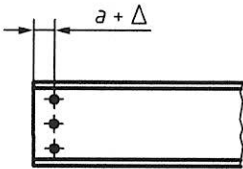
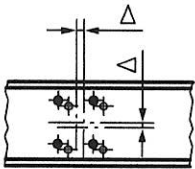
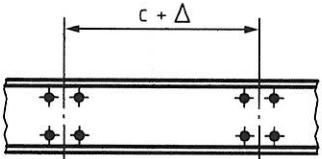
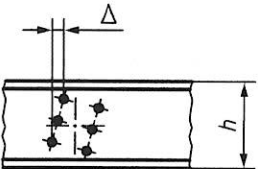
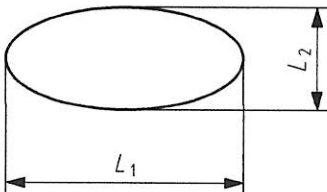
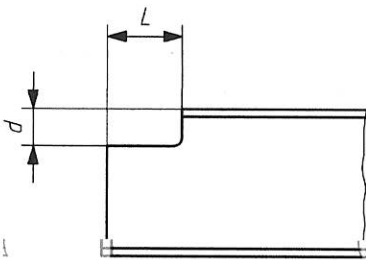
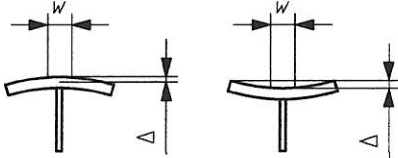
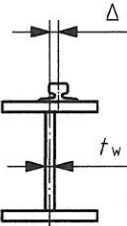
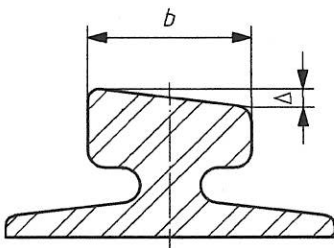
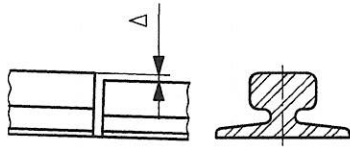
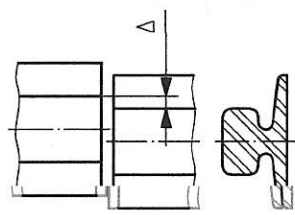
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
4	Imperfezioni di scostamento dalla planarità di pannelli di lamiera tra setti o irrigidimenti (caso speciale con compressione in direzione trasversale - il caso generale si applica a meno che questo caso speciale è specificato): Legenda: 1 Calibro a regolo di lunghezza L	Scostamento Δ perpendicolare al piano della piastra: se $b \leq 2a$: $L = b$ se $b > 2a$: $L = 2a$	$\Delta = \pm b/250$ $\Delta = \pm a/125$	$\Delta = \pm b/250$ $\Delta = \pm a/125$	$\Delta = \pm b/250$ $\Delta = \pm a/125$
5	Ortogonalità: $(d_1+d_2)_{act} = (d_1+d_2)$ effettivo $(d_1+d_2)_{nom} = (d_1+d_2)$ nominale	Differenza Δ tra le dimensioni diagonali nelle posizioni della membrana: $\Delta = \lvert(d_1-d_2)_{act} - (d_1-d_2)_{nom}\rvert$ (quindi $\Delta = \lvert d_1-d_2\rvert_{act}$ se d_1 e d_2 sono nominalmente identici)	Nessun requisito	$\Delta = \frac{(d_1+d_2)_{nom}}{400}$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 6$ mm	$\Delta = \frac{(d_1+d_2)_{nom}}{600}$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm

prospetto B.5 **Tolleranze di fabbricazione - Irrigidimenti del setto e giunti a croce di profilati o sezioni scatolari**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Linearità in pianta:	Scostamento Δ dalla linearità nel piano del setto:	$\Delta = \pm b/250$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm	$\Delta = \pm b/250$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm	$\Delta = \pm b/375$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 2$ mm

prospetto B.5 **Tolleranze di fabbricazione - Irrigidimenti del setto e giunti a croce di profilati o sezioni scatolari** (Continua)

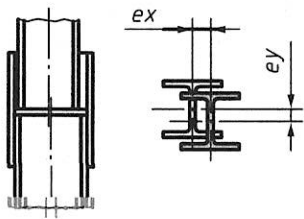
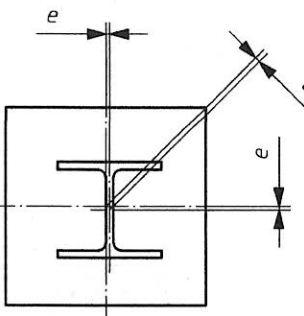
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
2	Linearità dello scostamento dalla planarità:	Scostamento Δ dalla linearità normale al piano del setto:	$\Delta = \pm b/500$ ma $\|\Delta\| \geq 4$ mm	$\Delta = \pm b/500$ ma $\|\Delta\| \geq 4$ mm	$\Delta = \pm b/750$ ma $\|\Delta\| \geq 2$ mm
3	Posizione degli irrigidimenti del setto:	Distanza dalla posizione prevista:	$\Delta = \pm 5$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm
4	Posizione degli irrigidimenti del setto sul supporto:	Distanza dalla posizione prevista:	$\Delta = \pm 3$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm
5	Eccentricità degli irrigidimenti del setto:	Eccentricità tra una coppia di irrigidimenti: Nota Per i giunti a croce l'eccentricità del disallineamento è limitata a $\pm t/2$ dove t è il più grande degli spessori delle due lamiere fissate su entrambi i lati del setto, vedere prospetto B.21, punti (10) e (11).	$\Delta = \pm t_w/2$	$\Delta = \pm t_w/2$	$\Delta = \pm t_w/3$
6	Eccentricità degli irrigidimenti del setto sui supporti:	Eccentricità tra una coppia di irrigidimenti: Nota Per i giunti a croce l'eccentricità del disallineamento è limitata a $\pm t/2$ dove t è il più grande degli spessori delle due lamiere fissate su entrambi i lati del setto, vedere prospetto B.21, punti (10) e (11).	$\Delta = \pm t_w/3$	$\Delta = \pm t_w/3$	$\Delta = \pm t_w/4$
Nota	Notazioni come $\Delta = \pm d/100$ ma $\|\Delta\| \geq 5$ mm significano che $\|\Delta\|$ è *maggiore* di $d/100$ e 5 mm.				

prospetto B.6 **Tolleranze di fabbricazione - Componenti**

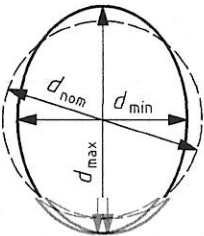
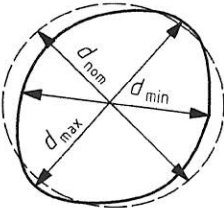
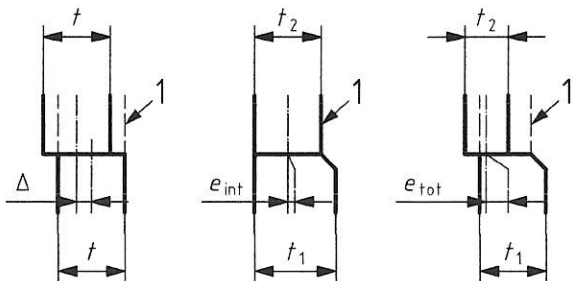
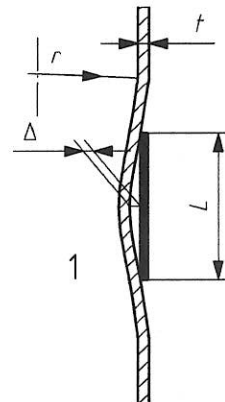
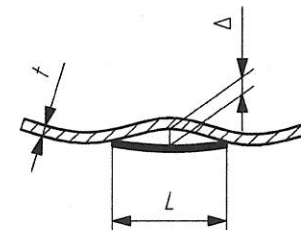
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Lunghezza: $L + \Delta$ $L + \Delta$ $L + \Delta$	Lunghezza di taglio misurata sulla linea mediana (o sullo spigolo per un angolo): - caso generale: - estremità pronte per l'appoggio a contatto completo: Nota Lunghezza L misurata comprese le piastre terminali saldate, se applicabile.	$\Delta = \pm (L/5000 + 2)$ mm $\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm (L/10000 + 2)$ mm $\Delta = \pm 1$ mm
2	Lunghezza, dove è possibile una compensazione sufficiente con il componente adiacente:	Lunghezza di taglio misurata sulla linea mediana:	$\Delta = \pm 50$ mm	$\Delta = \pm 50$ mm
3	Linearità: Δ L	Scostamento Δ dagli assi rettangolari di una sezione fabbricata o sagomata con pressa piegatrice:	$\Delta = \pm L/1000$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm	$\Delta = \pm L/1000$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm
4	Centinatura o curvatura prevista nel piano: Δ L f	Sfalsamento f a metà lunghezza: Nota La centinatura verticale dovrebbe essere misurata con l'elemento sul suo lato.	$\Delta = \pm L/500$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 6$ mm	$\Delta = \pm L/1000$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm
5	Superfici finite per appoggio a contatto completo: Δ	Interstizio Δ tra righello e superficie: Nota Non è stato specificato alcun criterio di rugosità superficiale.	$\Delta = 0{,}5$ mm i punti più alti non devono sporgere di più di 0,5 mm.	$\Delta = 0{,}25$ mm i punti più alti non devono sporgere di più di 0,25 mm.

prospetto B.6 **Tolleranze di fabbricazione - Componenti** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
6	Ortogonalità delle estremità:	Ortogonalità rispetto all'asse longitudinale: - estremità destinate all'appoggio a contatto completo: - estremità non destinate all'appoggio a contatto completo:	$\Delta = \pm D/1000$ $\Delta = \pm D/100$	$\Delta = \pm D/1000$ $\Delta = \pm D/300$ ma $\lvert\Delta\rvert \leq 10$ mm
7	Deformazione torsionale:	Scostamento complessivo Δ in un pezzo di lunghezza L: Nota Per le sezioni scatolari, vedere prospetto B.4.	$\Delta = \pm L/700$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm e $\lvert\Delta\rvert \leq 20$ mm	$\Delta = \pm L/1000$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm e $\lvert\Delta\rvert \leq 15$ mm
a)	Nessuna tolleranza essenziale specificata.			
Nota	Notazioni come $\Delta = \pm d/100$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm significano che $\lvert\Delta\rvert$ è *maggiore* di $d/100$ e 5 mm.			

prospetto B.7 **Tolleranze di fabbricazione - Placcatura rinforzata**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Linearità degli irrigidimenti: Irrigidimenti longitudinali in placcatura rinforzata longitudinalmente: Legenda: 1 Piastra	Scostamento Δ perpendicolare alla piastra:	$\Delta = \pm a/400$	$\Delta = \pm a/400$	$\Delta = \pm a/750$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 2$ mm
2		Scostamento Δ parallelo alla piastra misurata rispetto ad una lunghezza misurata al calibro pari alla larghezza b della placcatura:	$\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/500$

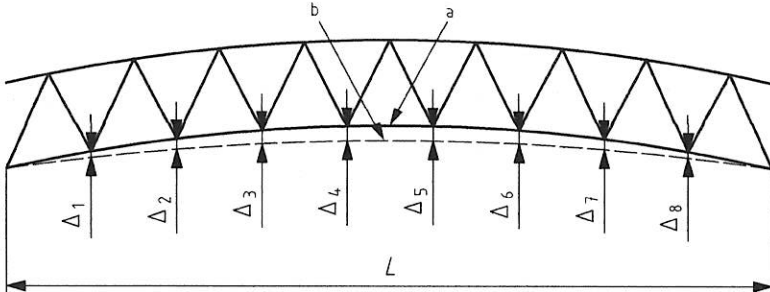
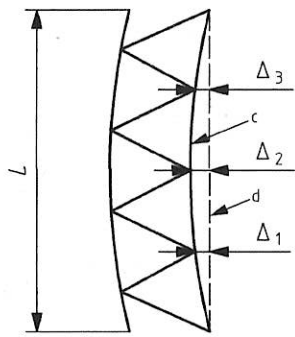
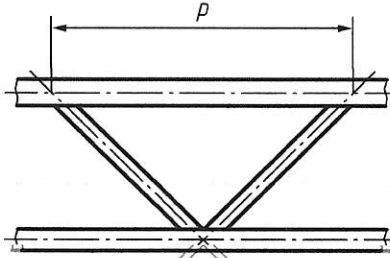
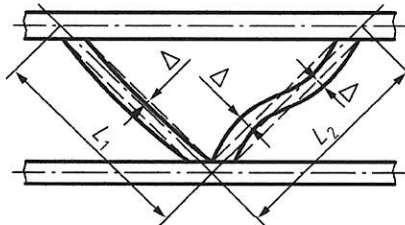
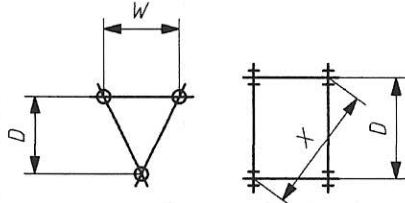
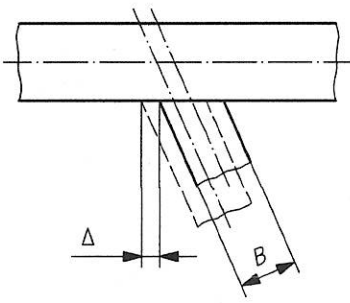
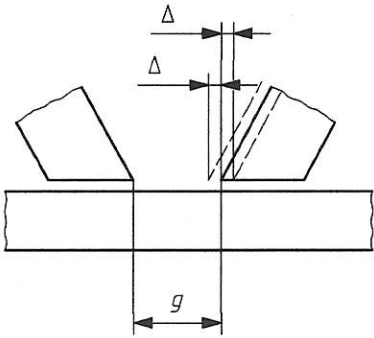
prospetto B.7 **Tolleranze di fabbricazione - Placcatura rinforzata** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
3	Linearità degli irrigidimenti: Irrigidimenti trasversali in placcatura rinforzata trasversalmente e longitudinalmente:	Scostamento Δ perpendicolare alla piastra:	Minore di: $\Delta = \pm a/400$ oppure $\Delta = \pm b/400$	Minore di: $\Delta = \pm a/400$ oppure $\Delta = \pm b/400$	Minore di: $\Delta = \pm a/500$ oppure $\Delta = \pm b/750$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 2$ mm
4		Scostamento Δ parallelo alla piastra:	$\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/500$
5	Livelli delle traverse in placcatura rinforzata: Legenda 1 Traversa	Livello relativo alle traverse adiacenti:	$\Delta = \pm L/400$	$\Delta = \pm L/400$	$\Delta = \pm L/500$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm

prospetto B.8 **Tolleranze di fabbricazione - Fori per elementi di collegamento, intagli e bordi di taglio**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Posizione dei fori per gli elementi di collegamento:	Scostamento Δ della linea mediana di un singolo foro dalla sua posizione prevista all'interno di un gruppo di fori:	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm

prospetto B.8 **Tolleranze di fabbricazione - Fori per elementi di collegamento, intagli e bordi di taglio** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
2	Posizione dei fori per gli elementi di collegamento: $a + \Delta$	Scostamento Δ nella distanza a tra un singolo foro di diametro d_0 e un'estremità tagliata: se $a < 3\ d_0$ se $a \geq 3\ d_0$	$-\Delta = 0$ (notare il segno negativo) $\Delta = \pm 3$ mm	$-\Delta = 0$ $+\Delta = 3$ mm $\Delta = \pm 3$ mm	$-\Delta = 0$ $+\Delta = 2$ mm $\Delta = \pm 2$ mm
3	Posizione del gruppo di fori: Δ	Scostamento Δ di un gruppo di fori dalla sua posizione prevista:	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm
4	Spaziatura dei gruppi di fori: $c + \Delta$	Scostamento Δ nella spaziatura c tra i centri dei gruppi di fori: - caso generale: - dove un unico pezzo è collegato da due gruppi di elementi di collegamento:	Nessun requisito	$\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm 1$ mm
5	Deformazione torsionale di un gruppo di fori: Δ h	Deformazione torsionale Δ: se $h \leq 1000$ mm se $h > 1000$ mm	Nessun requisito	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm 4$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm $\Delta = \pm 2$ mm
6	Ovalizzazione dei fori: L_2 L_1	$\Delta = L_1 - L_2$	Nessun requisito	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 0{,}5$ mm
7	Intagli: L d	Scostamento Δ della profondità e lunghezza dell'intaglio: profondità d lunghezza L	Nessun requisito	$-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 3$ mm $-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 3$ mm	$-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 2$ mm $-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 2$ mm

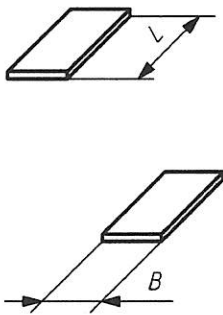
prospetto B.9 **Tolleranze di fabbricazione - Travi per gru**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Planarità della flangia superiore di una trave per gru:	Scostamento dalla planarità su una larghezza centrale *w* pari alla larghezza del binario più 10 mm su ciascun lato del binario nella posizione nominale:	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm
2	Eccentricità del binario rispetto al setto:	Per $t_w \leq 10$ mm Per $t_w > 10$ mm	$\Delta = 5$ mm $\Delta = 0,5\ t_w$	$\Delta = 5$ mm $\Delta = 0,5\ t_w$
3	Pendenza del binario:	Pendenza della superficie superiore della sezione trasversale:	$\Delta = \pm\ b/100$	$\Delta = \pm\ b/100$
4	Livello del binario:	Gradino nella parte superiore del binario nel giunto:	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 0,5$ mm
5	Bordo del binario:	Gradino nel bordo del binario nel giunto:	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 0,5$ mm
a)	Nessuna tolleranza essenziale specificata.			

prospetto B.10 **Tolleranze di fabbricazione - Giunti e piastre di base delle colonne**

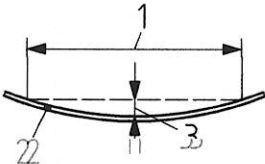
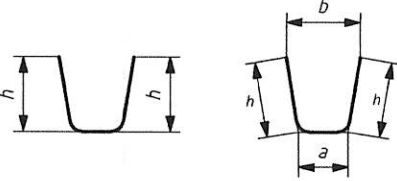
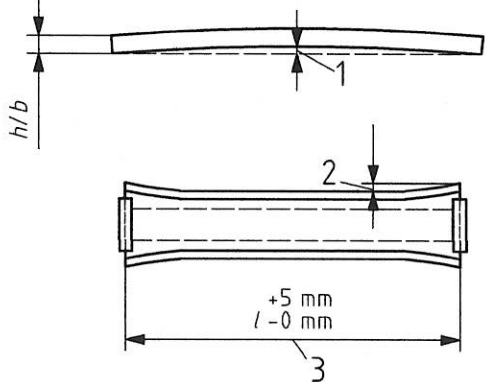
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Giunto della colonna: ex, ey	Eccentricità non prevista *e* intorno ad uno dei due assi:	Nessun requisito	5 mm	3 mm
2	Piastra di base: e	Eccentricità non prevista *e* in qualsiasi direzione:	Nessun requisito	5 mm	3 mm

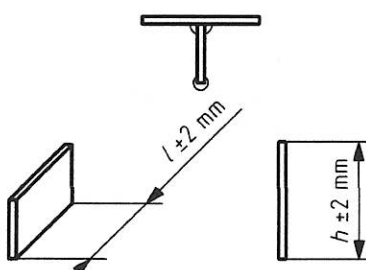
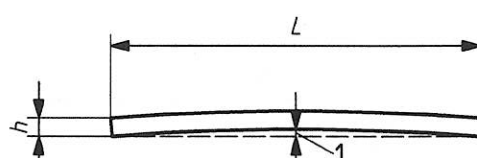
prospetto B.11 **Tolleranze di fabbricazione - Gusci cilindrici e conici**

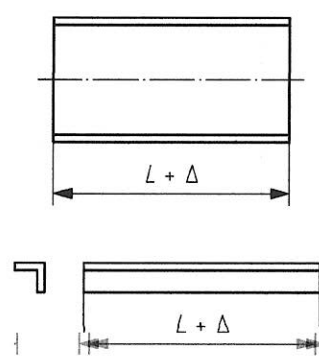
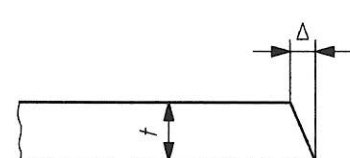
<table>
<tr><th>N°</th><th colspan="5">Criteri e particolari</th></tr>
<tr><td rowspan="7">1</td><td rowspan="7">Scostamento dalla circolarità:
a) appiattimento
b) asimmetria</td><td colspan="4">Differenza tra i valori massimo e minimo del diametro interno misurato, rispetto al diametro interno nominale:
$$\Delta = \frac{1000(d_{max} - d_{min})}{d_{nom}}$$</td></tr>
<tr><td colspan="4">Tolleranze essenziali[a)]</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Scostamento ammesso Δ</td></tr>
<tr><td>Diametro</td><td>$d \leq 0{,}50$ m</td><td>0,50 m < d < 1,25 m</td><td>$d \geq 1{,}25$ m</td></tr>
<tr><td>Classe A</td><td>Δ = 14</td><td>Δ = 7 + 9,3 (1,25 − d)]</td><td>Δ = 7</td></tr>
<tr><td>Classe B</td><td>Δ = 20</td><td>Δ = 10 + 13,3 (1,25 − d)]</td><td>Δ = 10</td></tr>
<tr><td>Classe C</td><td>Δ = 30</td><td>Δ = 15 + 20,0 (1,25 − d)]</td><td>Δ = 15</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="4">Nota d è il diametro interno nominale d_{nom} in metri.</td></tr>
</table>

prospetto B.11 **Tolleranze di fabbricazione - Gusci cilindrici e conici** (Continua)

N°	Criteri e particolari		
2	Disallineamento delle piastre: Eccentricità non prevista (accidentale) in corrispondenza di giunti perpendicolari alle forze di compressione della membrana In caso di variazione dello spessore della piastra, la parte intenzionale dell'eccentricità non è compresa. Legenda: 1 Geometria del giunto prevista		**Tolleranze essenziali**[a] **Classe** / **Scostamento ammesso Δ** Classe A: $\Delta = \pm 0{,}14t$ e $\lvert\Delta\rvert \leq 2$ mm Classe B: $\Delta = \pm 0{,}20t$ e $\lvert\Delta\rvert \leq 3$ mm Classe C: $\Delta = \pm 0{,}30t$ e $\lvert\Delta\rvert \leq 4$ mm A un cambiamento dello spessore della piastra: $t = (t_1 + t_2)/2$ $\Delta = e_{tot} - e_{int}$ dove: t_1 è lo spessore maggiore; t_2 è lo spessore minore.
3	Ammaccature (concavità) [b]: Meridionalmente: $L = 4\ (rt)^{0,5}$ Circonferenzialmente (raggio misurato al calibro = r = raggio nominale della superficie centrale del guscio): $L = 4\ (rt)^{0,5}$ a meno che non sia specificato che $L = 2{,}3\ (h^2 rt)^{0,25}$ con $L \leq r$ dove h è la lunghezza assiale del segmento del guscio Inoltre, sulle saldature [c]: $L = 25t$ ma $L \leq 500$ mm Nota A un cambiamento di spessore: t = lo spessore minore	Legenda 1 Verso l'interno	**Tolleranze essenziali**[a] **Classe** / **Scostamento ammesso Δ** Classe A: $\Delta = + 0{,}006L$ Classe B: $\Delta = + 0{,}010L$ Classe C: $\Delta = + 0{,}016L$

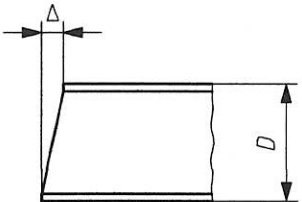
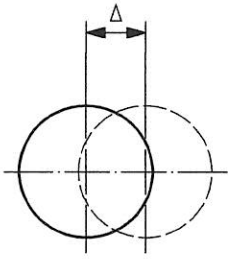
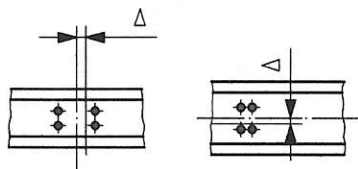
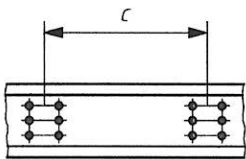
a) Nessuna tolleranza funzionale specificata.
b) Le misurazioni della concavità sono effettuate con calibri di lunghezza L (dritti per la direzione meridiana e curvi per la direzione circonferenziale) con lo scopo e campo di applicazione del controllo da indicare nella specifica di esecuzione.
c) La figura 8.4 della EN 1993-1-6: 2007 illustra misurazioni sulle saldature.

Nota Con riferimento alle classi di qualità delle tolleranze di fabbricazione della EN 1993-1-6, classe A = Eccellente, classe B = Elevata e classe C = Normale.

prospetto B.12 **Tolleranze di fabbricazione - Componenti per traliccio**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Linearità e centinatura: Nota Scostamenti misurati dopo la saldatura, con il componente appoggiato su un lato piatto.				
	Legenda a Centinatura effettiva b Centinatura prevista c Linea effettiva d Linea prevista	Scostamento in ciascun punto del pannello rispetto a una linea retta o alla centinatura o curvatura prevista:	$\Delta = \pm L/500$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 12$ mm	$\Delta = \pm L/500$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 12$ mm	$\Delta = \pm L/500$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 6$ mm
2	Dimensioni del pannello:	Scostamento delle singole distanze p tra le intersezioni delle linee mediane nei punti del pannello:	Nessun requisito	$\Delta = \pm 5$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm
		Scostamento cumulativo Σp della posizione del punto del pannello:	Nessun requisito	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 6$ mm
3	Linearità dei componenti del controvento:	Scostamento dalle lunghezze dei controventi L_i (L_1 oppure L_2) dalla linearità:	$\Delta = \pm L_i/1000$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm	$\Delta = \pm L_i/1000$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm	$\Delta = \pm L_i/1000$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm
4	Dimensioni della sezione trasversale:	Scostamento delle distanze D, W e X se: $s \leq 300$ mm $300 < s < 1000$ mm $s \geq 1000$ mm dove $s = D$, W o X come appropriato.	Nessun requisito	$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm 4$ mm $\Delta = \pm 6$ mm

prospetto B.12 **Tolleranze di fabbricazione - Componenti per traliccio** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
5	Giunti di intersezione: Δ B	Eccentricità (rispetto all'eccentricità specificata):	Nessun requisito	$\Delta = \pm (B/20 + 5)$ mm	$\Delta = \pm (B/40 + 3)$ mm
6	Giunti a interstizio: Δ Δ g	Interstizio g tra i componenti del controvento: $g \geq (t_1 + t_2)$ dove t_1 e t_2 sono gli spessori di parete del controvento	Nessun requisito	$\Delta = \pm 5$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm
Nota Notazioni come $\Delta = \pm L/500$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 12$ mm significano che $\lvert\Delta\rvert$ è *maggiore* di $L/500$ e 12 mm. Una notazione come $\lvert\Delta\rvert = t_1 + t_2$ ma $\lvert\Delta\rvert \leq 5$ mm significa che è richiesto il *minore* dei due valori.					

prospetto B.13 **Tolleranze di fabbricazione - Impalcati per ponti**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Lunghezza L profondità/larghezza B della lamiera per impalcato: L B	Dimensioni complessive L e B dopo il taglio e il raddrizzamento mediante laminazione, comprese le disposizioni per la contrazione e dopo l'applicazione della preparazione finale della saldatura	Nessun requisito	$-\Delta = 2$ mm $+\Delta = 0$ mm

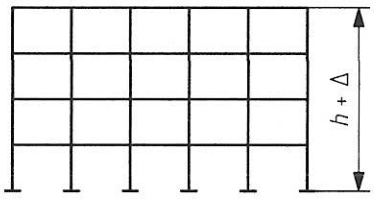
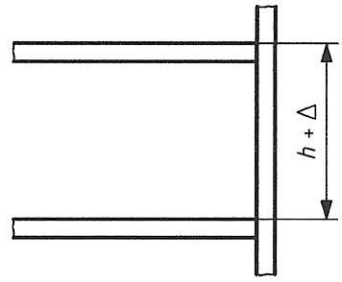
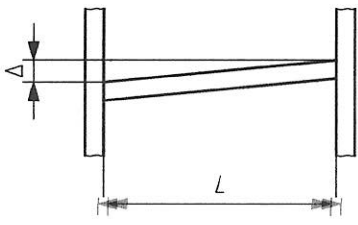
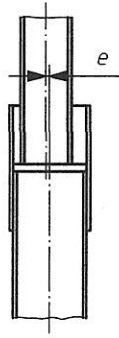
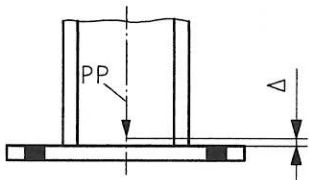
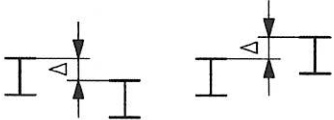
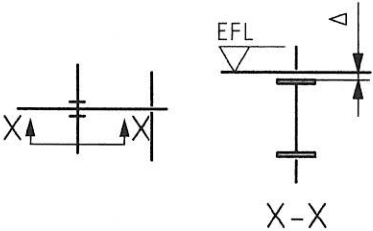
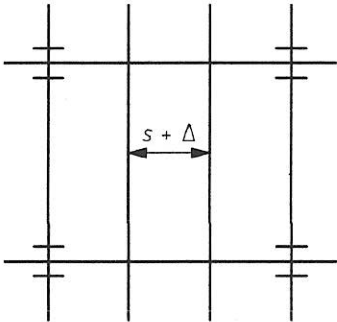
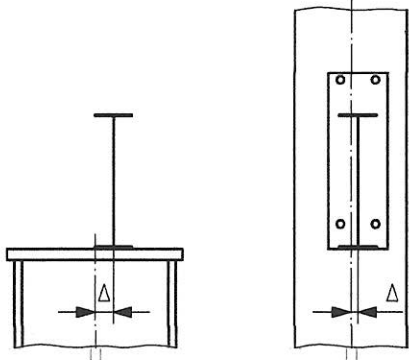
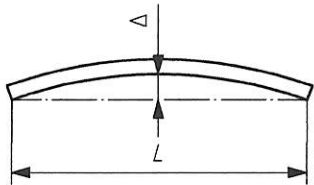
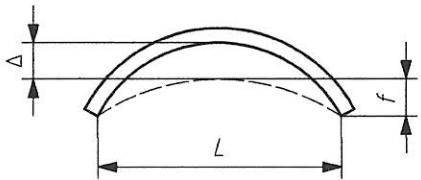
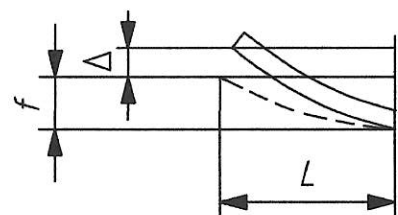
prospetto B.13 **Tolleranze di fabbricazione - Impalcati per ponti** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
2	Planarità della lamiera per impalcato: Legenda 1 Lunghezza misurata al calibro 2000 mm 2 Piastra 3 Scostamento Δ	Dopo l'applicazione della preparazione finale della saldatura:	Classe S secondo la EN 10029	$\Delta = \pm 2$ mm
3	Profilato sagomato di altezza h e larghezze a e b per il passaggio attraverso le traverse:	Con fori di accesso all'anima: Δ è lo scostamento di h o a o b Nota per a o b: Se si eccedono le tolleranze, le sfinestrature nelle traverse devono essere adattate in modo da ottenere la massima larghezza dell'interstizio misurata ad una distanza di almeno 500 mm dall'estremità.	$\Delta h = \pm 3$ mm $\Delta a = \pm 2$ mm $\Delta b = \pm 3$ mm	$-\Delta = 1$ mm $+\Delta = 2$ mm
		Senza fori di accesso all'anima: Δ è lo scostamento di h o a o b Nota per b: Se si eccedono le tolleranze, le sfinestrature nelle traverse devono essere adattate in modo da ottenere la massima larghezza dell'interstizio misurata ad una distanza di almeno 500 mm dall'estremità.	$\Delta h = \pm 2$ mm $\Delta a = \pm 1$ mm $\Delta b = \pm 2,5$ mm	$\Delta = \pm 0,5$ mm
4	Linearità del profilo formato: Legenda 1 Interstizio max. Δ_1 2 Allargamento max Δ_2 3 Per giunzioni di irrigidimento con piastre di giunzione Δ_3		$\Delta_1 = \pm L/500$ $\Delta_2 = 5$ mm $5 \text{ mm} \geq \Delta_3 \geq 0$ $\Delta_r = \pm 0,20\ r$ $\Delta_\varphi = \pm 1°$	$\Delta_1 = \pm L/1000$ $\Delta_2 = 1$ mm $5 \text{ mm} \geq \Delta_3 \geq 0$ $\Delta_r = \pm 2$ mm $\Delta_\varphi = \pm 1°$
	Raggio $r = r \pm \Delta_r$ Rotazione Δ_φ misurata su una superficie piana della lunghezza di 4 m Parallelismo Δ_p		$\Delta_p = \pm 2$ mm	$\Delta_p = \pm 2$ mm

prospetto B.13 **Tolleranze di fabbricazione - Impalcati per ponti** (Continua)

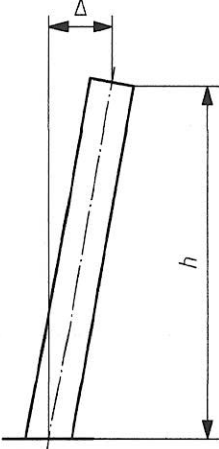
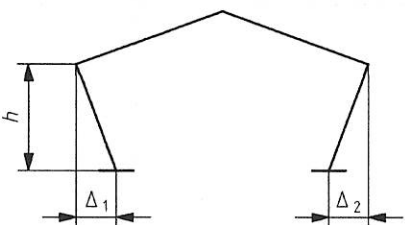
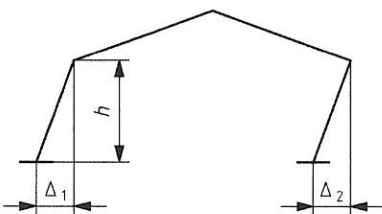
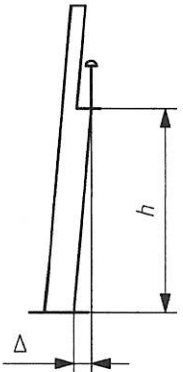
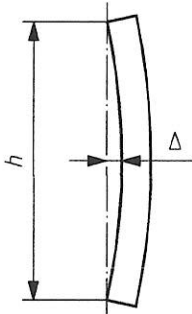
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
5	Lunghezza/larghezza del profilo piatto per la saldatura su entrambi i lati:	Dimensioni complessive l, h	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm
6	Linearità del profilo piatto per saldatura su entrambi i lati: Legenda 1 Interstizio max. Δ_1 Lunghezza Δ_L		$\Delta_1 = \pm L/1000$ 5 mm $\geq \Delta_L \geq 0$	$\Delta_1 = \pm L/1000$ 5 mm $\geq \Delta_L \geq 0$

prospetto B.14 **Tolleranze di fabbricazione - Torri e piloni**

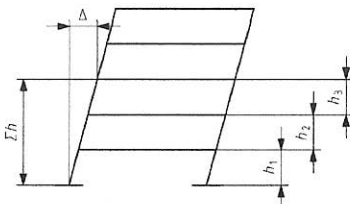
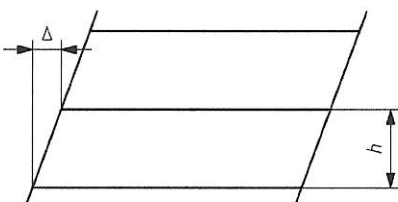
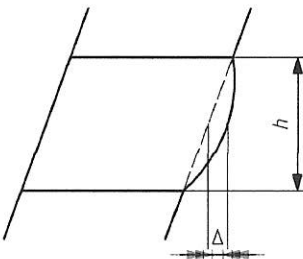
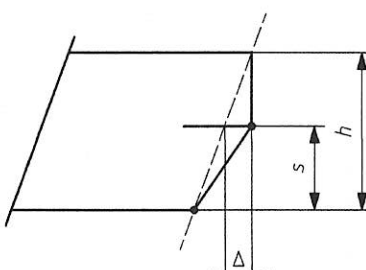
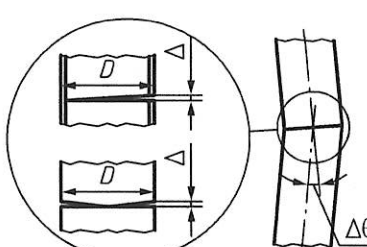
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali a) Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Lunghezza dei componenti:	Lunghezza di taglio misurata sulla linea mediana (o sullo spigolo per un angolo):	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm
2	Lunghezza o spaziatura:	Se sono specificate dimensioni minime:	$-\Delta = 0$ mm $+\Delta = 1$ mm	$-\Delta = 0$ mm $+\Delta = 1$ mm
3	Contrassegni posteriori per gli angoli:	Distanza dall'inclinazione trasversale dell'angolo al centro del foro:	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 0,5$ mm
4	Ortogonalità dei bordi di taglio:	Scostamento Δ di un bordo di taglio da 90°:	$\Delta = \pm 0,05t$	$\Delta = \pm 0,05t$

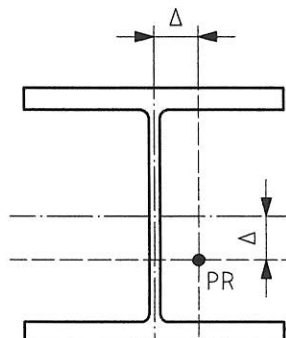
prospetto B.14 **Tolleranze di fabbricazione - Torri e piloni** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali [a)] Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	*Classe 2*
5	Ortogonalità delle estremità:	Ortogonalità rispetto all'asse longitudinale: - estremità destinate all'appoggio a contatto completo: - estremità non destinate all'appoggio a contatto completo:	$\Delta = \pm D/1000$ $\Delta = \pm D/300$	$\Delta = \pm D/1000$ $\Delta = \pm D/300$
6	Superfici destinate al contatto completo con l'appoggio:	Planarità:	1 su 1500	1 su 1500
7	Posizione dei fori per gli elementi di collegamento:	Scostamento Δ della linea mediana di un singolo foro dalla sua posizione prevista all'interno di un gruppo di fori:	Δ = ± 2 mm	Δ = ± 1 mm
8	Posizione del gruppo di fori:	Scostamento Δ di un gruppo di fori dalla sua posizione prevista:	Δ = ± 2 mm	Δ = ± 1 mm
9	Spaziatura dei gruppi di fori:	Scostamento Δ nella spaziatura *c* tra i centri dei gruppi di fori:	Δ = ± 1,5 mm	Δ = ± 0,5 mm
a)	Nessuna tolleranza essenziale specificata.			

B.3 Tolleranze di costruzione

prospetto B.15 **Tolleranze di costruzione - Edifici**

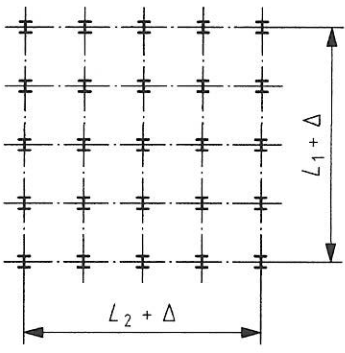
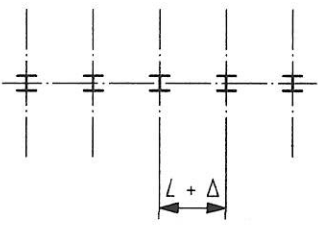
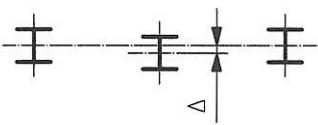
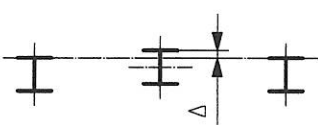
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali [a] Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Altezza:	Altezza complessiva, rispetto al livello della base: $h \leq 20$ m 20 m < h < 100 m $h \geq 100$ m	 Δ = ± 20 mm Δ = ± 0,5 (h+20) mm Δ = ± 0,2 (h+200) mm [h in metri]	 Δ = ± 10 mm Δ = ± 0,25 (h+20) mm Δ = ± 0,1 (h+200) mm [h in metri]
2	Altezza del piano:	Altezza rispetto ai livelli adiacenti:	Δ = ± 10 mm	Δ = ± 5 mm
3	Pendenza:	Altezza rispetto all'altra estremità di una trave:	Δ = ± L/500 ma |Δ| ≤ 10 mm	Δ = ± L/1000 ma |Δ| ≤ 5 mm
4	Sezione della colonna	Eccentricità non prevista e intorno ad uno dei due assi:	5 mm	3 mm

prospetto B.15 **Tolleranze di costruzione - Edifici** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali [a] Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
5	Base della colonna: PP	Livello del fondo del pozzetto della colonna, rispetto al livello specificato del suo punto di posizione (PP):	Δ = ± 5 mm	Δ = ± 5 mm
6	Livelli relativi:	Livello delle travi adiacenti, misurato alle estremità corrispondenti:	Δ = ± 10 mm	Δ = ± 5 mm
7	*Livelli di collegamento:* EFL X X X-X	Livello della trave in un collegamento trave e colonna, misurato rispetto al livello del piano stabilito (EFL):	Δ = ± 10 mm	Δ = ± 5 mm

a) Nessuna tolleranza essenziale specificata.

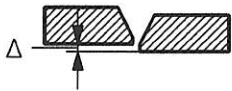
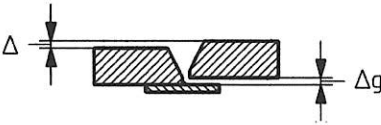
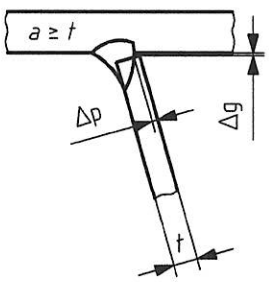
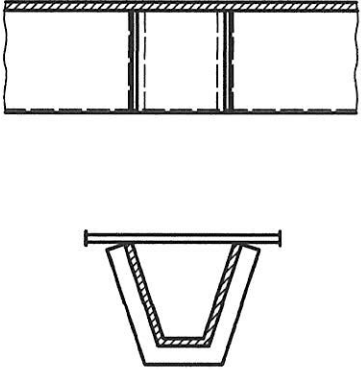
prospetto B.16 **Tolleranze di costruzione - Travi negli edifici**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali [a] Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Spaziatura tra le linee mediane del fascio: $s + \Delta$	Scostamento Δ dalla distanza prevista (s) tra travi adiacenti costruite, misurato a ciascuna estremità:	Δ = ± 10 mm	Δ = ± 5 mm
2	Posizione sulle colonne: Δ	Scostamento Δ dalla posizione prevista di un collegamento da trave a colonna misurato rispetto alla colonna:	Δ = ± 5 mm	Δ = ± 3 mm
3	Linearità in pianta: Δ L	Scostamento Δ dalla linearità di una trave costruita o di uno sbalzo di lunghezza L:	Δ = ± L/500	Δ = ± L/1000
4	Centinatura: Δ f L	Scostamento Δ a metà campata rispetto alla centinatura prevista f di una trave costruita o di un elemento del traliccio di lunghezza L:	Δ = ± L/300	Δ = ± L/500
5	Preimpostazione dello sbalzo: Δ f L	Scostamento Δ dalla preimpostazione prevista all'estremità di uno sbalzo costruito di lunghezza L:	Δ = ± L/200	Δ = ± L/300
a)	Nessuna tolleranza essenziale specificata.			

prospetto B.17 **Tolleranze di costruzione - Colonne di edifici a un solo piano**

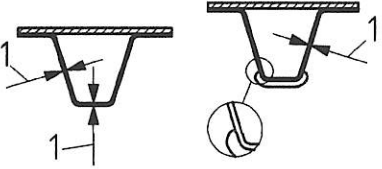
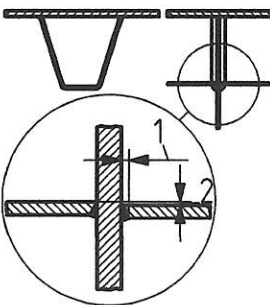
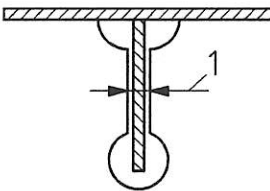
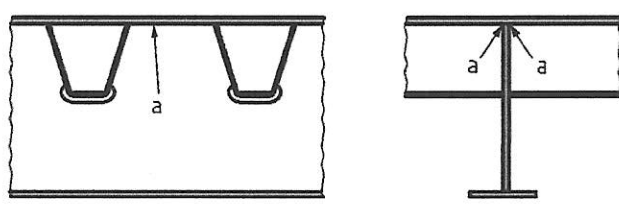
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Inclinazione delle colonne di edifici a un solo piano:	Inclinazione complessiva in altezza h:	$\Delta = \pm h/300$	$\Delta = \pm h/300$	$\Delta = \pm h/500$
2	Inclinazione delle singole colonne in edifici con intelaiatura a un solo piano:	Inclinazione Δ di ciascuna colonna: $\Delta = \Delta_1$ o Δ_2	Nessun requisito	$\Delta = \pm h/150$	$\Delta = \pm h/300$
3	Inclinazione di edifici con intelaiatura a un solo piano:	Inclinazione media di tutte le colonne nella stessa struttura: [Per due colonne la media è: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$]	$\Delta = \pm h/500$	$\Delta = \pm h/500$	$\Delta = \pm h/500$
4	Inclinazione di qualsiasi colonna che supporta un cavalletto per gru:	Inclinazione dal livello del piano all'appoggio della trave della gru:	$\Delta = \pm h/1000$	$\Delta = \pm 25$ mm	$\Delta = \pm 15$ mm

prospetto B.17 **Tolleranze di costruzione - Colonne di edifici a un solo piano** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
5	Linearità di una colonna a un solo piano:	Posizione della colonna in pianta, in relazione a una linea retta tra i punti di posizione in alto e in basso:	$\Delta = \pm h/1000$	Nessun requisito	Nessun requisito

prospetto B.18 **Tolleranze di costruzione - Edifici a più piani**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
1	Posizione al livello del piano, *n* livelli sopra la base, rispetto a quella alla base:	Posizione della colonna in pianta rispetto a una linea verticale che attraversa il suo centro al livello della base:	$\Delta = \pm \Sigma h/(300\sqrt{n})$	$\Delta = \pm \Sigma h/(300\sqrt{n})$	$\Delta = \pm \Sigma h/(500\sqrt{n})$
2	Inclinazione di una colonna, tra livelli di piani adiacenti:	Posizione della colonna in pianta rispetto a una linea verticale che attraversa il suo centro al livello inferiore successivo:	$\Delta = \pm h/300$	$\Delta = \pm h/300$	$\Delta = \pm h/500$
3	Linearità di una colonna continua tra livelli di piani adiacenti:	Posizione della colonna in pianta, rispetto a una linea retta tra i punti di posizione ai piani adiacenti:	$\Delta = \pm h/1000$	$\Delta = \pm h/1000$	$\Delta = \pm h/1000$

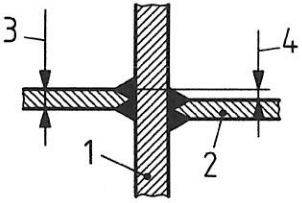
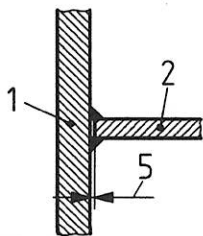
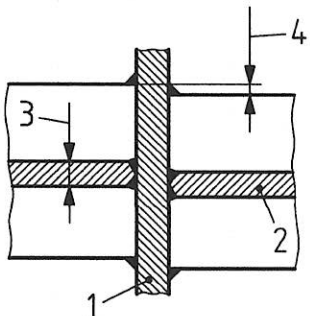
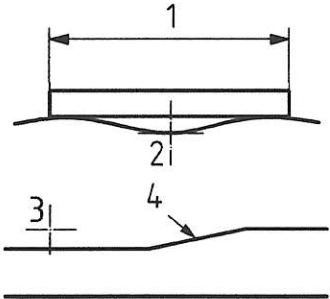
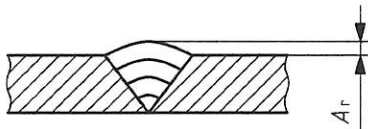
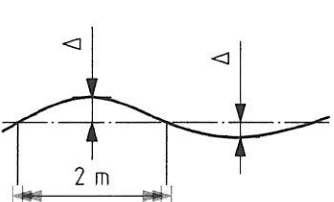
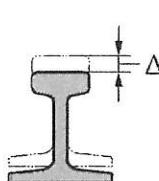
prospetto B.18 **Tolleranze di costruzione - Edifici a più piani** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1 e 2	Classe 1	Classe 2
4	Linearità di una colonna congiunta tra livelli di piani adiacenti:	Posizione della colonna in pianta nel giunto, rispetto a una linea retta tra i punti di posizione a livelli di piani adiacenti:	$\Delta = \pm s/1000$ con $s \leq h/2$	$\Delta = \pm s/1000$ con $s \leq h/2$	$\Delta = \pm s/1000$ con $s \leq h/2$
Nota	Il prospetto B.18 "Edifici a più piani" si applica alle colonne che si sviluppano in modo continuo su più di un piano. Il prospetto B.17 si applica alle colonne alte un piano negli edifici a più piani.				

prospetto B.19 **Tolleranze di costruzione - Appoggi per estremità a contatto completo**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze essenziali Scostamento ammesso Δ	Tolleranze funzionali Scostamento ammesso Δ
			Classe 1 e 2	Classe 1 e 2
1	Disallineamento angolare locale Δθ che si verifica in concomitanza con l'interruzione Δ al punto "X":		$\Delta\theta = \pm 1/500$ e $\Delta = 0,5$ mm su almeno due terzi dell'area, e $\Delta = 1,0$ mm massimo a livello locale	Nessun requisito

prospetto B.20 **Tolleranze di costruzione - Posizioni delle colonne**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali[a)] Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Posizione:	Posizione in pianta del centro della colonna al livello della sua base rispetto al punto di riferimento della posizione (PR):	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm

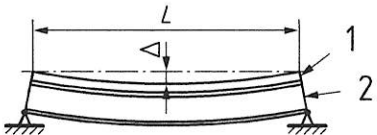
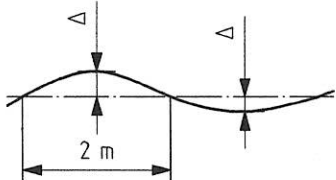
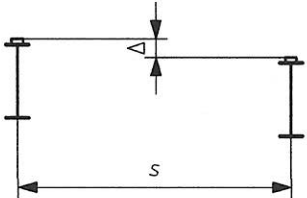
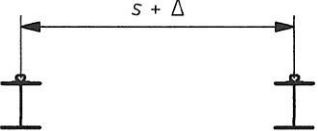
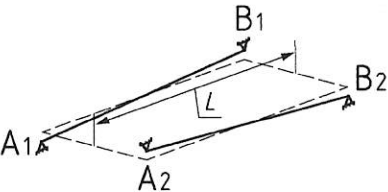
prospetto B.20 **Tolleranze di costruzione - Posizioni delle colonne** (Continua)

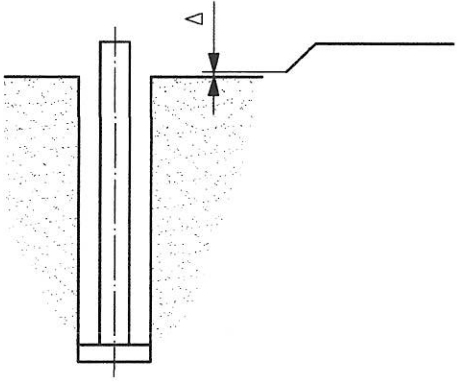
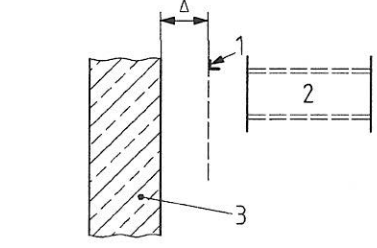
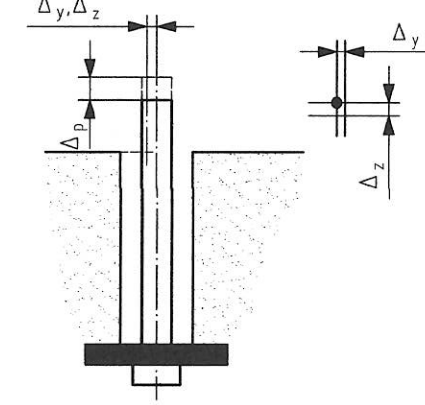
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali[a)] Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
2	Lunghezza complessiva di un edificio: $L_1 + \Delta$ $L_2 + \Delta$	Distanza tra le colonne terminali di ogni linea, al livello della base: $L \leq 30$ m 30 m < L < 250 m $L \geq 250$ m	$\Delta = \pm 20$ mm $\Delta = \pm 0{,}25\ (L+50)$ mm $\Delta = \pm 0{,}1\ (L+500)$ mm [L in metri]	$\Delta = \pm 16$ mm $\Delta = \pm 0{,}2\ (L+50)$ mm $\Delta = \pm 0{,}1\ (L+350)$ mm [L in metri]
3	Distanza tra le colonne: $L + \Delta$	Distanza tra i centri delle colonne adiacenti al livello della base: $L \leq 5$ m $L > 5$ m	$\Delta = \pm 10$ mm $\Delta = \pm 0{,}2\ (L+45)$ mm [L in metri]	$\Delta = \pm 7$ mm $\Delta = \pm 0{,}2\ (L+30)$ mm [L in metri]
4	Allineamento della colonna in generale: Δ	Posizione del centro della colonna al livello della base rispetto alla linea della colonna stabilita (ECL):	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 7$ mm
5	Allineamento della colonna perimetrale: Δ	Posizione della faccia esterna di una colonna perimetrale al livello della base, rispetto alla linea che congiunge le facce delle colonne adiacenti:	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 7$ mm

a) Nessuna tolleranza essenziale specificata.

prospetto B.21 **Tolleranze di costruzione - Impalcati per ponti**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali[a)] Scostamento ammesso Δ
1	Disallineamento delle giunzioni della lamiera per impalcato senza nastro di sostegno o giunzione della flangia inferiore o setto della traversa:	Disallineamento Δ prima della saldatura:	Δ = 2 mm
2	Disallineamento e posa in opera delle giunzioni della lamiera per impalcato con il nastro di sostegno lasciato in posizione dopo la saldatura:	Disallineamento Δ dopo la puntatura e prima della saldatura: Interstizi Δ_g tra piastra e nastro di sostegno dopo la saldatura (saldatura non mostrata):	Δ = 2 mm Δ_g = 1 mm
3	Saldatura del collegamento tra irridigimento e lamiera per impalcato con saldatura a gola nominale, *a*:	Mancanza di penetrazione del cordone di saldatura Δ_p: Interstizio di posa in opera Δ_g prima e dopo la saldatura:	Δ = 2 mm Δ = 2 mm
4	Disallineamento del collegamento irrigidimento-irrigidimento con piastre di giunzione:	Disallineamento Δ tra irrigidimento e piastra di giunzione prima della saldatura:	Δ = ± 2 mm
5	Disallineamento del collegamento tra irrigidimento e irrigidimento con le piastre di giunzione:	Disallineamento Δ prima della saldatura:	Δ = 2 mm

prospetto B.21 **Tolleranze di costruzione - Impalcati per ponti** (Continua)

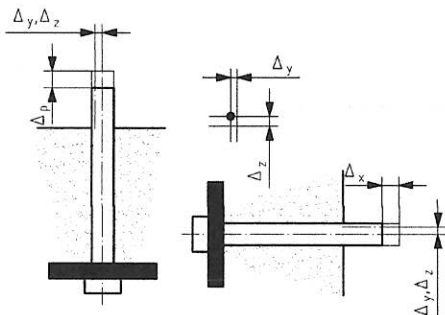
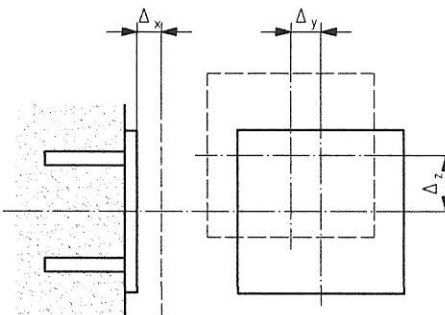
N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali[a)] Scostamento ammesso Δ
6	Interstizi attorno al collegamento tra irrigidimento e traversa con irrigidimenti passanti attraverso la traversa con o senza fori di accesso all'anima Legenda 1 Interstizio max. Δ 1 1 1	Interstizi prima della saldatura:	Δ = 3 mm
7	Disallineamento e interstizi attorno al collegamento tra irrigidimento e traversa con irrigidimenti montati attraverso la traversa (non passanti) Legenda 1 Interstizio max. Δ_1 2 Disallineamento Δ_2 prima della saldatura 1 2	Interstizi prima della saldatura:	Δ_1 = 2 mm
		Disallineamento prima della saldatura:	Δ_2 = ± 2 mm
8	Collegamento tra irrigidimento e traversa con piatti passanti Legenda 1 Interstizio max. Δ attorno al piatto 1	Interstizi prima della saldatura:	Δ = 1 mm
9	Interstizi nel collegamento del setto della traversa con la lamiera per impalcato (con o senza fori di accesso all'anima) Legenda *a* Collegamento del setto della traversa alla lamiera per impalcato a a a Interstizi prima della saldatura:		Δ = 1 mm

prospetto B.21 **Tolleranze di costruzione - Impalcati per ponti** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali[a)] Scostamento ammesso Δ
10	*Disallineamento e interstizi attorno al collegamento tra i setti delle traverse con il setto della trave principale* Legenda 1 Setto della trave principale 2 Setto della traversa 3 Spessore del setto della traversa, $t_{w,crossb}$ 4 Disallineamento dei setti Δ_w 5 Interstizio Δ_g Per traverse continue 3 4 1 2 Per traverse non continue 1 2 5	Interstizi prima della saldatura: Disallineamento prima della saldatura:	$\Delta_g = 2$ mm $\Delta_w = \pm 0,5\ t_{w,crossb}$
11	Disallineamento del collegamento delle flange trasversali al setto della trave principale e raggio di saldatura Legenda 1 Setto della trave principale 2 Setto della traversa 3 Spessore del setto della traversa, $t_{w,crossb}$ 4 Disallineamento delle flange Δ_f 4 3 2 1	Disallineamento prima della saldatura: Raggio di saldatura:	$\Delta = \pm 0,5\ t_{w,crossb}$ Il raggio, r, della saldatura tra la flangia e il setto della traversa deve essere il valore maggiore tra 8 mm e 0,5 volte lo spessore del setto della trave principale $t_{w,maingirder}$

prospetto B.21 **Tolleranze di costruzione - Impalcati per ponti** (Continua)

N°	Criterio	Parametro		Tolleranze funzionali[a] Scostamento ammesso Δ
12	Posa in opera di impalcati ortotropi dello spessore della lamiera, t, dopo la costruzione: Legenda: 1 GL lunghezza misurata al calibro 2 P_r Scostamento 3 V_e Gradino 4 D_r Pendenza	Differenza di gradino V_e, alla giunzione: $t \leq 10$ mm: 10 mm < $t \leq 70$ mm $t > 70$ mm:		 2 mm 5 mm 8 mm
		Pendenza, D_r, alla giunzione: $t \leq 10$ mm: 10 mm < $t \leq 70$ mm: $t > 70$ mm:		 1/12,5 1/11 1/10
		Planarità, P_r, sulla lunghezza misurata al calibro, GL, in tutte le direzioni: $t \leq 10$ mm: $t > 70$ mm: Caso generale: Longitudinalmente: I valori di P_r possono essere interpolati per 10 mm < $t \leq 70$ mm.		 3 mm per GL di 1 m 4 mm per GL di 3 m 5 mm per GL di 5 m 5 mm per GL di 3 m 18 mm per GL di 3 m
13	Sporgenza di saldatura per impalcato ortotropo:	Sporgenza A_r della saldatura sopra la superficie circostante:		$-A_r = 0$ mm $+A_r = 2$ mm
a)	Nessuna tolleranza essenziale specificata.			

prospetto B.22 **Tolleranze di costruzione - Scorrimenti del carroponte**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali [a] Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Posizione del binario in pianta:	In relazione alla posizione prevista:	Δ = ± 10 mm	Δ = ± 5 mm
2	Allineamento locale del binario: (2 m)	Allineamento su lunghezza misurata al calibro 2 m:	Δ = ± 1,5 mm	Δ = ± 1 mm
3	Livello del binario:	Relativamente al livello previsto:	Δ = ± 15 mm	Δ = ± 10 mm

prospetto B.22 **Tolleranze di costruzione - Scorrimenti del carroponte** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali [a)] Scostamento ammesso Δ	
			Classe 1	Classe 2
4	Livello del binario: *L* ◁ 1 2	Livello su tutta la campata *L* della trave della gru:	$\Delta = \pm L/500$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 10$ mm	$\Delta = \pm L/1000$ ma $\lvert\Delta\rvert \geq 10$ mm
5	Livello del binario: ◁ ◁ 2 m	Variazione su una lunghezza misurata al calibro di 2 m:	$\Delta = \pm 3$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm
6	Livelli relativi dei binari sui due lati di uno scorrimento con campate *s*: ◁ *s*	Scostamento di livello: per $s \leq 10$ m per $s > 10$ m	$\Delta = \pm 20$ mm $\Delta = \pm s/500$	$\Delta = \pm 10$ mm $\Delta = \pm s/1000$
7	Spaziatura sulla campata *s* tra i centri dei binari delle gru: *s* + Δ	Scostamento della spaziatura: per $s \leq 16$ m per $s > 16$ m	$\Delta = \pm 10$ mm $\Delta = \pm (10+[s-16]/3)$ mm [*s* in metri]	$\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = \pm (5+[s-16]/4)$ mm [*s* in metri]
8	Finecorsa strutturali:	Posizione relativa degli arresti sulla stessa estremità, misurata nella direzione di marcia sullo scorrimento	$\Delta = \pm s/1000$ ma $\lvert\Delta\rvert \leq 10$ mm	$\Delta = \pm s/1000$ ma $\lvert\Delta\rvert \leq 10$ mm
9	Inclinazione dei binari opposti: B1 B2 *L* A1 A2 *L* Distanza dei supporti adiacenti	Sfalsamento: $\Delta = \lvert N_1 - N_2\rvert$ dove: N_1 inclinazione $A_1 B_1$ N_2 inclinazione $A_2 B_2$	$\Delta = L/500$	$\Delta = L/1000$
a)	Nessuna tolleranza essenziale specificata.			

prospetto B.23 **Tolleranze di costruzione - Fondazioni e supporti di calcestruzzo**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali[a)] Scostamento ammesso Δ
1	A livello di fondazione:	Scostamento dal livello specificato:	- Δ = 15 mm (sotto) + Δ = 5 mm (sopra)
2	Parete verticale: Legenda 1 Posizione specificata 2 Componente di acciaio 3 Parete di sostegno	Scostamento dalla posizione specificata nel punto di supporto per il componente di acciaio:	Δ = ± 25 mm
3	Bullone di fondazione preassemblato, se preparato per la regolazione:	Scostamento Δ dal luogo e dalla sporgenza specificati: Posizione nella punta: Sporgenza verticale Δ_p: Nota Lo scostamento ammesso per la posizione del centro di un gruppo di bulloni è di 6 mm.	Δ_y, Δ_z = ± 10 mm - Δ_p = 5 mm (basso) + Δ_p = 25 mm (alto)

prospetto B.23 **Tolleranze di costruzione - Fondazioni e supporti di calcestruzzo** (Continua)

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali[a)] Scostamento ammesso Δ
4	*Bullone di fondazione preassemblato, quando non* preparato per la regolazione:	Scostamento Δ da posizione, livello e sporgenza specificati: Posizione o livello in punta: Sporgenza verticale Δ_p: Sporgenza orizzontale Δ_x: Nota Lo scostamento ammesso per la posizione si applica anche al centro di un gruppo di bulloni.	Δ_y, Δ_z = ± 3 mm - Δ_p = 5 mm (basso) + Δ_p = 45 mm (alto) - Δ_x = 5 mm (in) + Δ_x = 45 mm (out)
5	Piastra di ancoraggio di acciaio annegata nel calcestruzzo:	Scostamenti Δ_x, Δ_y, Δ_z dalla posizione e dal livello specificati:	Δ_x, Δ_y, Δ_z = ± 10 mm

a) Nessuna tolleranza essenziale specificata.

prospetto B.24 **Tolleranze di costruzione - Torri e piloni**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali[a)] Scostamento ammesso Δ
1	Linearità dei lati del cordone e dei componenti briglia:	Linearità della porzione (L) tra i punti del giunto:	L/1000
2	Dimensioni principali della sezione trasversale e del controvento del montante:	Pannello < 1000 mm: Pannello ≥ 1000 mm:	Δ = ± 3 mm Δ = ± 5 mm
3	Posizione del centro dei componenti di controvento in corrispondenza dei giunti:	Posizione rispetto alla posizione prevista:	Δ = ± 3 mm
4	Allineamento dei centri dei componenti del lato in un giunto del lato:	Posizione relativa delle due parti del lato:	Δ = ± 2 mm
5	Verticalità di un pilone:	Scostamento dalla verticalità di una retta tra due punti qualsiasi sull'asse verticale previsto della struttura, misurata in aria ferma[b)]:	Δ = ± 0,05% ma $\lvert\Delta\rvert \geq$ 5 mm
6	Verticalità di una torre:		Δ = ± 0,20% ma $\lvert\Delta\rvert \geq$ 5 mm
7	Deformazione torsionale Δ sull'intera altezza della struttura [vedere Nota 1]:	Struttura < 150 m: Struttura ≥ 150 m:	Δ = ± 2,0° Δ = ± 1,5°
8	Deformazione torsionale Δ tra livelli adiacenti della struttura [vedere Nota 1]:	Struttura < 150 m: Struttura ≥ 150 m:	Δ = ± 0,10°per 3 metri Δ = ± 0,05°per 3 metri

a) Nessuna tolleranza funzionale specificata.
b) Gli scostamenti ammessi per la verticalità sono valori predefiniti che possono essere sostituiti da altri valori meno onerosi indicati nella specifica di esecuzione, a condizione che questi siano in conformità alle ipotesi di verticalità nel progetto del pilone della torre.

Nota 1 Questo criterio di deformazione torsionale non è applicabile alle torri con carico laterale permanente.
Nota 2 Notazioni come Δ = ± 0,10% ma $\lvert\Delta\rvert \geq$ 5 mm significano che $\lvert\Delta\rvert$ è *maggiore* di 0,10% e 5 mm.

prospetto B.25 **Tolleranze di costruzione - Travi soggette a piegatura e componenti soggetti a compressione**

N°	Criterio	Parametro	Tolleranze funzionali[a)] Scostamento ammesso Δ
1	Linearità delle travi soggette a piegatura e dei componenti soggetti a compressione in assenza di restrizioni	Scostamento Δ dalla linearità:	$\Delta = \pm L/750$

a) Nessuna tolleranza funzionale specificata.

APPENDICE C LISTA DI CONTROLLO PER IL CONTENUTO DI UN PIANO DELLA QUALITÀ
(informativa)

C.1 Generalità

In conformità al punto 4.2.2, la presente appendice contiene l'elenco degli elementi raccomandati da comprendere in un piano della qualità specifico per progetto per la realizzazione di una struttura di acciaio. Esso è sviluppato in riferimento alle linee guida generali della norma ISO 10005.

C.2 Contenuto

C.2.1 Gestione

- Definizione della particolare struttura di acciaio e della sua posizione in relazione al progetto;
- Piano di organizzazione della gestione del progetto con indicazione dei nomi dei membri chiave del personale, delle loro funzioni e responsabilità durante il progetto, della catena di comando e delle linee di comunicazione;
- Disposizioni per la pianificazione e il coordinamento con altre parti per tutta la durata del progetto e per il monitoraggio delle prestazioni e dei progressi;
- Identificazione delle funzioni delegate a subappaltatori e altri non interni;
- Identificazione e prova della competenza del personale qualificato da impiegare nel progetto, compreso il personale di coordinamento delle attività di saldatura, il personale ispettivo, i saldatori e gli operatori di saldatura;
- Disposizioni per il controllo delle variazioni, dei cambiamenti che si verificano durante il progetto.

C.2.2 Revisione della specifica

- Requisito di rivedere i requisiti di progetto specificati per identificare le implicazioni, comprese le scelte delle classi di esecuzione, che richiederebbero misure aggiuntive o insolite oltre a quelle garantite dal sistema di gestione della qualità dell'azienda;
- Procedure aggiuntive di gestione della qualità rese necessarie dalla revisione dei requisiti specifici del progetto.

C.2.3 Documentazione

C.2.3.1 Generalità

- Procedure per la gestione di tutta la documentazione di esecuzione ricevuta ed emessa, compresa l'identificazione dello stato di revisione attuale e la prevenzione dell'utilizzo di documenti non validi od obsoleti da parte degli interni o da parte dei subappaltatori.

C.2.3.2 Documentazione prima dell'esecuzione

- Procedure per fornire la documentazione prima dell'esecuzione, che comprendono:
  1) certificati per i prodotti costituenti, compresi i materiali di apporto;
  2) specifiche della procedura di saldatura e le registrazioni della qualificazione;
  3) dichiarazioni del metodo, comprese quelle per la costruzione e il precarico degli elementi di collegamento;
  4) calcoli di progettazione per opere temporanee rese necessarie dai metodi di costruzione;
  5) disposizioni relative allo scopo e campo di applicazione e ai tempi dell'approvazione da parte di seconde o terze parti o all'accettazione della documentazione prima dell'esecuzione.

C.2.3.3 Registrazioni di esecuzione

- Procedure per la fornitura di registrazioni di esecuzione, che comprendono:
  1) prodotti costituenti riconducibili a componenti completati;
  2) rapporti di ispezione e di prova e misure adottate in caso di non conformità, concernenti:
     i) preparazione delle facce dei giunti prima della saldatura;
     ii) saldatura ed elementi saldati completati;
     iii) tolleranze geometriche dei componenti fabbricati;
     iv) preparazione e trattamento della superficie;
     v) taratura delle attrezzature, comprese quelle utilizzate per il controllo del precarico degli elementi di collegamento;
  3) risultati del sondaggio pre-costruzione che portano all'accettazione dell'idoneità del cantiere per l'inizio della costruzione;
  4) tempi di fornitura dei componenti consegnati al cantiere identificati con la struttura completata;
  5) indagini dimensionali sulla struttura e sulle azioni intraprese per affrontare le non conformità;
  6) certificati di completamento della costruzione e del passaggio di consegne.

C.2.3.4 Registrazioni documentali

- Modalità di messa a disposizione per l'ispezione e la conservazione delle registrazioni documentarie per un periodo minimo di dieci anni, o più a lungo se richiesto dal progetto.

C.2.4 Ispezione e procedure di prova

a) Identificazione delle prove e delle ispezioni obbligatorie richieste dalla norma e di quelle previste dal sistema qualità del costruttore, necessarie per l'esecuzione del progetto, fra cui:
   1) scopo e campo di applicazione dell'ispezione;
   2) criteri di accettazione;
   3) azioni per affrontare le non conformità e le correzioni;
   4) procedure di rilascio/rifiuto.

b) Requisiti specifici del progetto per l'ispezione e le prove, compresi i requisiti di assistere allo svolgimento di prove o ispezioni particolari o punti nei quali una terza parte designata deve effettuare un'ispezione;

c) Identificazione dei punti di attesa associati alla seconda o terza parte che assiste, approva o accetta i risultati delle prove o delle ispezioni.

APPENDICE D (informativa) PROCEDURA DI CONTROLLO DELLA CAPACITÀ DEI PROCESSI DI TAGLIO TERMICO AUTOMATIZZATI

D.1 Generalità

La presente appendice fornisce una guida sulle procedure di prova e valutazione dei processi di taglio termico automatizzati in conformità alle EN 1090-2 e EN ISO 9013.

La presente procedura può essere applicata a tutti i processi di taglio termico automatizzati, compresi il taglio laser e al plasma.

Nota Per il controllo del taglio al laser e al plasma possono essere necessari alcuni parametri diversi o aggiuntivi.

La base per la procedura di controllo della capacità dei processi di taglio termico automatizzati segue le regole generali per la specifica e la qualificazione delle procedure di saldatura della EN ISO 15607.

La procedura si basa sulla preparazione di una specifica preliminare della procedura di taglio (pCPS) e sulla verifica della qualità delle superfici di taglio prodotte utilizzando tale pCPS al fine di finalizzare una registrazione di qualificazione della procedura di taglio (CPQR). La presente CPQR è poi utilizzata come base per il controllo delle operazioni di taglio in produzione utilizzando le specifiche della procedura di taglio (CPSs).

Il prospetto D.3 fornisce un esempio di una CPQR. Il prospetto D.4 fornisce un esempio di una pCPS e di una CPS.

La CPQR comprende un campo di validità della qualificazione entro il quale può essere utilizzato. Sono indicati intervalli per le seguenti variabili:

a) gruppo di materiali;
b) spessore del materiale;
c) pressioni dei gas;
d) velocità e altezza di taglio;
e) temperatura di preriscaldamento.

Se non diversamente specificato, la verifica della qualità delle superfici di taglio può essere effettuata sotto l'autorità del Coordinatore responsabile della saldatura che funge da sperimentatore e valutatore. Deve essere redatto un rapporto di prova che riepiloghi i risultati delle prove su cui si basa la CPQR.

Nota I termini e le definizioni utilizzati nella presente appendice sono spiegati nella EN ISO 9013.

D.2 Descrizione della procedura

D.2.1 Generalità

Il taglio dei provini deve essere svolto secondo una specifica della procedura di pretaglio (pCPS) in cui siano specificati tutti i parametri e le influenze pertinenti al processo.

In conformità alla EN 1090-2 è possibile determinare la tolleranza di perpendicolarità e angolarità, la rugosità media della superficie e la durezza dei bordi di taglio. Se il processo di taglio deve essere utilizzato solo per tagli perpendicolari, allora non è necessario determinare la tolleranza di angolarità. In questo caso, si raccomanda l'utilizzo di un provino come mostrato nella figura D.1. Se il processo di taglio deve essere utilizzato per tagli obliqui, allora è necessario determinare la tolleranza di angolarità.

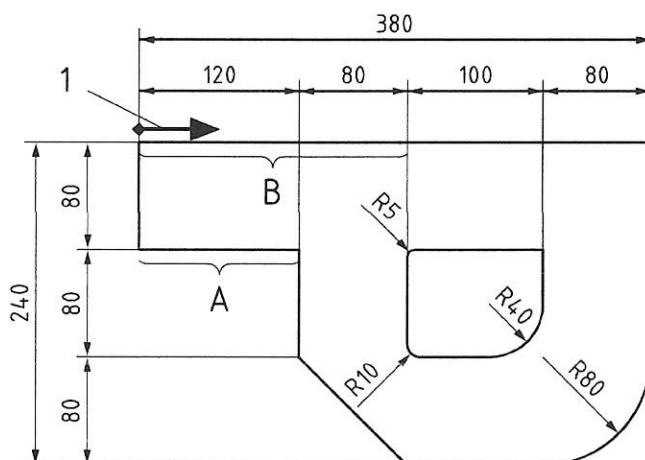
Nota Se si utilizzano tagli obliqui per preparare la saldatura, la tolleranza all'angolarità di un taglio obliquo può non essere critica se la superficie è levigata successivamente.

Il(I) provino(i) deve(ono) avere un taglio diritto, un angolo a bordo affilato e un gomito a forma di curva. I bordi di taglio nelle zone del gomito a forma di curva oltre che dell'angolo a bordo affilato devono essere di qualità comparabile o maggiore di quelli della zona di taglio diritto per quanto riguarda rispettivamente la perpendicolarità e la tolleranza all'angolarità, nonché la rugosità della superficie. I parametri di cui sopra devono essere determinati nelle zone di taglio diritto; la prova di durezza deve essere effettuata in particolare nelle zone con la più alta velocità di taglio e di raffreddamento rispettivamente.

figura D.1 **Forma raccomandata del provino e posizione delle misurazioni (dimensioni in mm)**

Legenda

1 Inizio della procedura e direzione di taglio

Dimensioni in millimetri

Nota Le misurazioni sono effettuate sull'area diritta B per almeno 200 mm di lunghezza e la durezza è misurata nelle aree A e B di ciascun campione e controllata in base alla classe di qualità richiesta. Gli spigoli vivi e i campioni curvi sono sottoposti a prove visive per verificare che producano spigoli di riferimento equivalenti ai tagli rettilinei.

D.2.2 Rugosità media della superficie R_{Z5}

La rugosità media della superficie R_{Z5} deve essere determinata in conformità alla EN ISO 9013.

In un punto rappresentativo del taglio diritto a fiamma, la rugosità della superficie deve essere misurata trasversalmente al percorso della scanalatura per una lunghezza massima di 40 mm (vedere figura D.2).

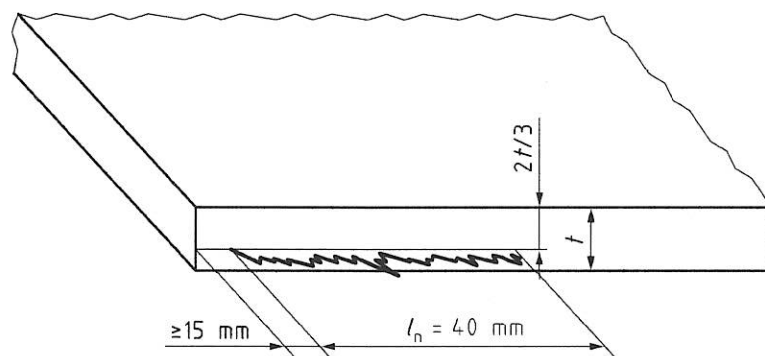
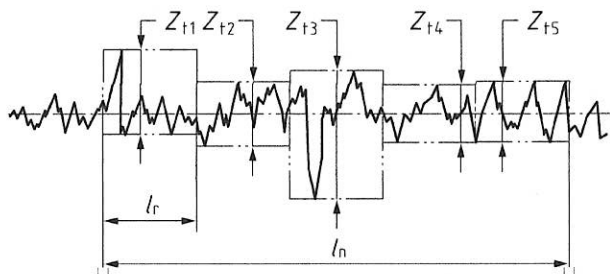
figura D.2 **Posizione della misura di rugosità superficiale per il taglio diritto a fiamma**

Si deve utilizzare la media aritmetica dei singoli elementi profilati di cinque misurazioni singole adiacenti (da Z_{t1} a Z_{t5} come illustrato nella figura D.3) per calcolare la rugosità superficiale media R_{Z5}.

figura D.3 **Determinazione della rugosità superficiale media R_{Z5}**

Per determinare la rugosità superficiale media R_{Z5}, deve essere utilizzato un rugosimetro adatto a rugosità elevate. Il dispositivo deve disporre di una superficie di contatto sufficiente e stabile.

Per spessori di piastra (t) < 6 mm, utilizzando un morsetto devono essere fissati nastri aggiuntivi con una superficie liscia a filo con il bordo tagliente ai lati delle superfici della lastra del provino da sottoporre a prova, allo scopo di garantire un contatto sufficiente.

Deve essere determinato e registrato il valore massimo di rugosità superficiale R_{Z5} con la rispettiva distanza dal bordo superiore della piastra.

D.2.3 Tolleranza di perpendicolarità o angolarità

La tolleranza di perpendicolarità e di angolarità (u) deve essere determinata in conformità alla norma EN ISO 9013 sia per i tagli verticali sia per i tagli obliqui. Un microscopio di misurazione può essere utilizzato anche in una sezione trasversale. Nella preparazione della sezione trasversale deve essere fornito un bordo di taglio privo di bave.

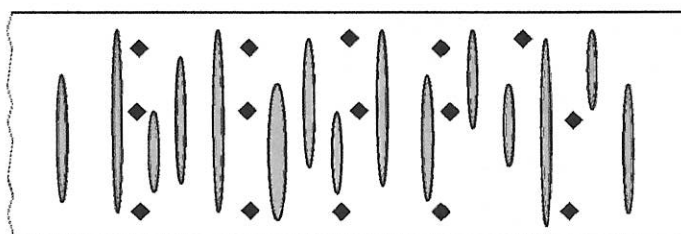
La tolleranza di perpendicolarità o di angolarità (u) deve essere determinata in un punto rappresentativo (massimo valore misurato prevedibile) del taglio diritto a fiamma.

Per un migliore contrasto durante la misurazione, il provino può essere decapato con un agente di decapaggio adatto. A seconda dello spessore della piastra, possono essere completate diverse esposizioni per formare una figura e misurarla. Deve essere registrata la riduzione dello spessore del taglio (Δa), che limita l'area da misurare.

D.2.4 Prova di durezza

La prova di durezza sul bordo tagliato a fiamma deve essere eseguita in conformità alla EN ISO 6507-1.

I provini per la misurazione della durezza devono avere superfici di contatto piane e parallele. La rettifica dei bordi tagliati a fiamma deve essere effettuata con grossezza del grano 600. La superficie di taglio a fiamma deve essere rettificata in modo che alcune rigature della superficie di taglio a fiamma siano ancora visibili. Le misurazioni della durezza devono essere effettuate nelle aree vicino ai bordi superiore e inferiore nonché al centro dello spessore della lastra (vedere figura D.4).

figura D.4 **Punti di misurazione sulla superficie di taglio a fiamma rettificata**

A seconda dello spessore della piastra, devono essere effettuate 5 o 15 misurazioni della durezza distribuite sulla sezione trasversale (vedere prospetto D.1). Durante la prova di durezza in prossimità delle superfici della piastra deve essere rispettata la distanza minima in conformità alla EN ISO 6507-1 oltre che la fusione delle superfici.

prospetto D.1 **Numero e area delle misurazioni di durezza**

Spessore della piastra *t* [mm]	Misurazioni della durezza
$t \leq 5$	5, al centro dello spessore della piastra
$t > 5$	5, nei pressi del lato superiore della piastra 5, vicino al lato inferiore della piastra 5, al centro dello spessore della piastra

D.3 Campo di validità di qualificazione

D.3.1 Gruppi di materiali

A causa del comportamento di indurimento dei diversi materiali, si deve utilizzare il prospetto D.2 per determinare il campo di validità.

prospetto D.2 **Gruppi di materiali**

Provino Gruppo di materiale dal CEN ISO/TR 15608	Intervallo Gruppi di materiali secondo la CEN ISO/TR 15608
1	1[a], 2[b]
1.4	1[b], 2[b]
2	1.1, 2[b]
3	1[a], 2[b], 3[b]

a) Ad eccezione del punto 1.4 e valido per gli acciai con lo stesso limite di snervamento o con un limite di snervamento inferiore determinato.
b) Valido per acciaio con carico di snervamento minimo identico a quello determinato o minore.

Indipendentemente dal prospetto D.2, la temperatura di preriscaldamento può richiedere una regolazione per materiali che rientrano nell'intervallo ma che hanno un tenore di carbonio equivalente superiore a quello del provino, per garantire che l'aumento della durezza della superficie di taglio non sia inaccettabile.

D.3.2 Spessore del materiale

La prova del provino più sottile e del provino più spesso deve qualificare tutti gli spessori del materiale entro questo ambito di spessore.

D.3.3 Pressioni dei gas

La qualifica è valida entro i seguenti intervalli:

- pressione dell'ossigeno di riscaldamento: +0%/-20%;
- pressione del gas combustibile: +/– 5%;
- pressione dell'ossigeno da taglio: +0% / -15%.

D.3.4 Velocità e altezza di taglio

La qualifica è valida entro i seguenti intervalli:

- velocità di taglio: +10%/-0%;
- altezza di taglio tra la punta della testa di taglio e la piastra: +/–10%.

D.3.5 Temperatura di preriscaldamento

La qualifica è valida entro il seguente intervallo:

- temperatura di preriscaldamento: +/–10%.

D.4 Rapporto di prova

Il rapporto di prova deve comprendere le informazioni seguenti:

- riferimento alle EN 1090-2 e EN ISO 9013;
- numero della specifica di taglio pCPS;
- marcatura del provino;
- materiale;
- spessore della piastra;
- tipo del provino;
- schizzo con le posizioni di prova sul bordo di taglio a fiamma (se necessario);
- strumenti di misurazione;
- prove svolte e criteri di valutazione;
- risultati della prova;
- valutazione dei risultati della prova.

prospetto D.3 **Esempio di registrazione di qualificazione della procedura di taglio**

Registrazione di qualificazione della procedura di taglio						
N. di (p)CPS:		N. di CPQR:				
Fabbricante del campione di taglio termico:						
Indirizzo del fabbricante:		Appendici:	1	Parametri di taglio		pagina
Norma:			2	Rapporto di prova dei materiali		pagina
Data di fabbricazione:			3	Certificato di ispezione		pagina
Fabbricante:						

Specifiche della registrazione di qualificazione della procedura di taglio	
Processo di taglio:	
Fabbricante della macchina da taglio:	
Tipo di taglio:	
Designazione della torcia di taglio:	
Designazione dell'ugello di taglio:	
Fabbricante della torcia/ugello da taglio:	
Norma:	
Gruppo di materiale:	
Spessore del materiale (mm):	
Tipo di gas combustibile:	
Pressione dell'ossigeno di riscaldamento*):	
Pressione del gas combustibile*):	
Pressione dell'ossigeno da taglio*):	
Regolazione della fiamma di riscaldamento:	
Velocità di taglio:	
Altezza di taglio:	
Temperatura di preriscaldamento:	
Trattamento termico successivo:	
Tipo di torcia di pre/post-riscaldamento:	
Designazione della torcia di riscaldamento:	
Fabbricante della torcia di riscaldamento:	
Tipo di gas combustibile:	
Pressione dell'ossigeno/dell'aria compressa:	
Pressione del gas combustibile:	
*) Pressione misurata all'ingresso della torcia	
La presente registrazione conferma che la fabbricazione del campione sottoposto a taglio termico è stata preparata, prodotta e sottoposta a prova in modo soddisfacente secondo i requisiti di cui ai punti 6.4.3 e 6.4.4 della EN 1090-2: EXC2/EXC3/EXC4 (*eliminare le diciture non appropriate*)	
Luogo e data di rilascio:	
Rappresentante del fabbricante: Nome, data e firma:	
Esaminatore od organismo esaminatore: Nome, data e firma (se diversi dall'RWC del fabbricante):	

prospetto D.4 **Esempio di specifica di una procedura di taglio preliminare**

Specifica della procedura di taglio	
Processo di taglio:	
Fabbricante della macchina da taglio:	
Tipo di taglio:	
Designazione della torcia di taglio:	
Designazione dell'ugello di taglio:	
Fabbricante della torcia/ugello da taglio:	
Norma:	
Gruppo di materiale:	
Spessore del materiale (mm):	
Tipo di gas combustibile:	
Pressione dell'ossigeno di riscaldamento*):	
Pressione del gas combustibile*):	
Pressione dell'ossigeno da taglio*):	
Regolazione della fiamma di riscaldamento:	
Velocità di taglio:	
Altezza di taglio:	
Temperatura di preriscaldamento:	
Angolo di taglio (se smussato in modo non perpendicolare):	
Trattamento termico successivo:	
Tipo di torcia di pre/post-riscaldamento:	
Designazione della torcia di riscaldamento:	
Fabbricante della torcia di riscaldamento:	
Tipo di gas combustibile:	
Pressione dell'ossigeno/dell'aria compressa:	
Pressione del gas combustibile:	
*) Pressione misurata all'ingresso della torcia.	

APPENDICE E GIUNTI SALDATI IN SEZIONI CAVE
(informativa)

E.1 Generalità

La presente appendice fornisce una guida per l'esecuzione di giunti saldati in sezioni cave.

E.2 Guida per le posizioni di avvio e arresto

La seguente guida può essere utilizzata per i giunti in linea:

a) le posizioni di arresto e di avvio delle saldature per giunti in linea nelle briglie dovrebbero essere scelte in modo da evitare che queste posizioni si trovino direttamente sotto la posizione di una successiva saldatura tra un controvento e la briglia;

b) le posizioni di arresto e di avvio delle saldature tra due sezioni cave quadrate o rettangolari in linea non dovrebbero trovarsi nelle posizioni di angolo o in prossimità di esse.

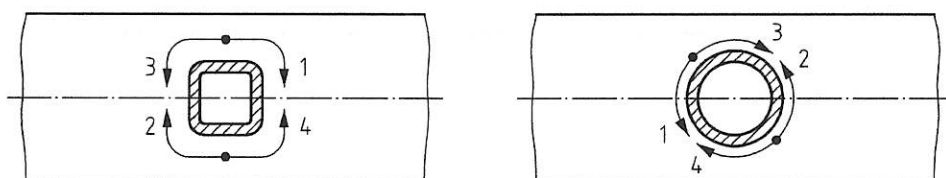
La seguente guida può essere utilizzata per gli altri giunti:

c) le posizioni di arresto e di avvio non dovrebbero trovarsi in corrispondenza o in prossimità della posizione dell'area del bordo del cordone o delle posizioni del fianco laterale di un giunto tra due sezioni cave circolari, in conformità alla figura E.1;

d) le posizioni di arresto e di avvio non dovrebbero trovarsi in corrispondenza o in prossimità delle posizioni angolari di un giunto tra un controvento a sezione cava quadrata o rettangolare e un componente cavo della briglia;

e) a meno che le sezioni cave da unire non siano della stessa dimensione, la sequenza di saldatura raccomandata per saldare i giunti tra il controvento e la briglia è indicata nella figura E.1;

f) la saldatura tra le sezioni cave dovrebbe essere eseguita in ogni sua parte, anche se questa lunghezza totale della saldatura non è necessaria per motivi di resistenza.

figura E.1 **Posizioni di avvio e di arresto e sequenza di saldatura**

E.3 Preparazione delle facce del giunto

Con riferimento al punto 7.5.1.2, nelle figure da E.2 a E.5 sono indicati esempi di applicazione della EN ISO 9692-1 ai giunti tra controvento e briglia tra le sezioni cave.

Le raccomandazioni per la preparazione e posa in opera delle saldature dei giunti testa a testa angolari sono localmente le stesse che per le saldature di testa tra due componenti in linea, il che richiede un aumento dell'angolo di smussatura all'interno del taglio obliquo e una sua riduzione all'esterno, come mostrato nella figura E.6.

E.4 Assemblaggio per la saldatura

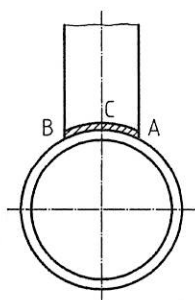
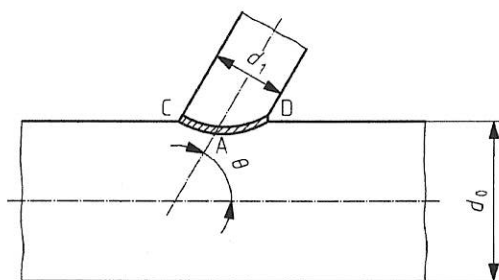
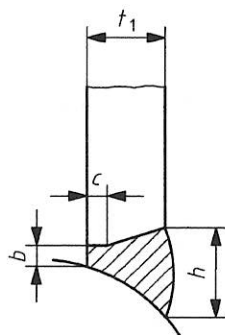
In conformità al punto 7.5.4, l'assemblaggio dei componenti a sezione cava da saldare deve essere in conformità ai requisiti che seguono:

a) si preferisce l'assemblaggio con saldatura senza sovrapposizione dei componenti separati (caso A nella figura E.7);

b) si dovrebbe evitare l'assemblaggio di componenti sovrapposti; se necessario, è accettabile il caso B della figura E.7;

c) se i componenti si sovrappongono (come nel caso B), i particolari di saldatura devono specificare quali componenti devono essere tagliati per adattarsi ad altri componenti;

d) se non diversamente specificato, l'area del bordo del cordone nascosta (come nel caso B) deve essere saldata.

figura E.2 **Preparazione e posa in opera della saldatura - Saldature di testa nelle sezioni cave circolari di giunti tra controventi e briglie**

Particolare in A, B:

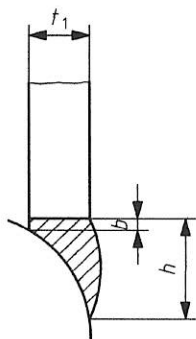
dove $d_1 < d_0$
b= da 2 mm a 4 mm
c= da 1 mm a 2 mm

Particolare in C:

θ= da 60° a 90°
b= da 2 mm a 4 mm
c= da 1 mm a 2 mm

Particolare in D:

θ= da 60° a 90°
b= da 2 mm a 4 mm
c= da 1 mm a 2 mm

Per θ< 60°, dovrebbe essere utilizzato un particolare di saldatura d'angolo (come nella figura E.3) a D nell'area del tallone di saldatura.

dove $d_1 = d_0$
b= max. 2 mm

Nota Applicazione della EN ISO 9692-1 caso 1.4 alle sezioni circolari cave.

figura E.3 **Preparazione e posa in opera della saldatura - Saldature d'angolo nelle sezioni cave circolari di giunti tra controventi e briglie**

Particolare in A, B:

b = max. 2 mm

Particolare in C:

60° ≤ θ < 90°

b = max. 2 mm

Per θ < 60°, dovrebbe essere utilizzato un particolare di saldatura di testa (come in figura E.2) a C nell'area del bordo del cordone.

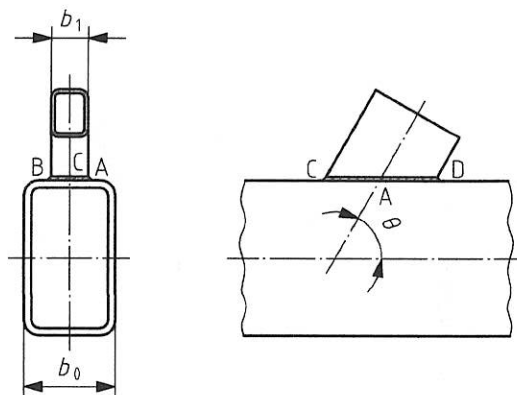
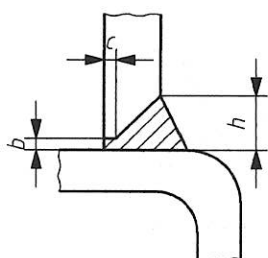
Particolare in D:

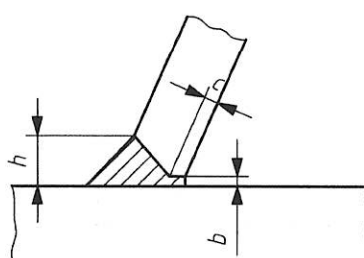
30° ≤ θ < 90°

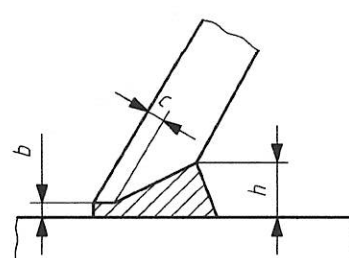
b = max. 2 mm

Per gli angoli più piccoli non è richiesta la piena penetrazione purché ci sia un adeguato spessore della gola.

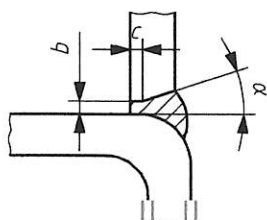
Nota Applicazione della EN ISO 9692-1 caso 3.1.1 alle sezioni circolari cave.

figura E.4 **Preparazione e posa in opera della saldatura - Saldature di testa nelle sezioni cave quadrate e rettangolari di giunti tra controventi e briglie**

Particolare in A, B:

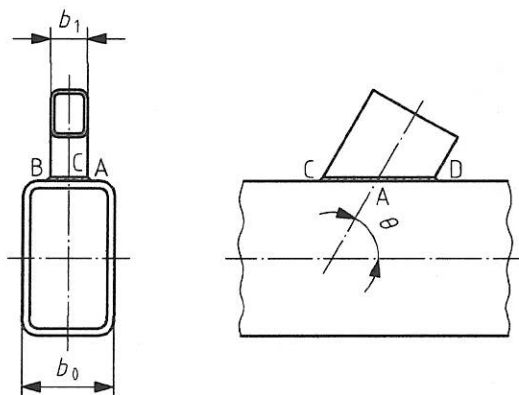
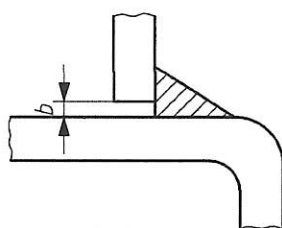
dove $b_1 < b_0$
b = da 2 mm a 4 mm
c = da 1 mm a 2 mm

Particolare in C:

b = da 2 mm a 4 mm
c = da 1 mm a 2 mm

Particolare in D:

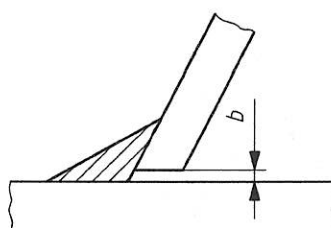
θ = da 60° a 90°
b = da 2 mm a 4 mm
c = da 1 mm a 2 mm

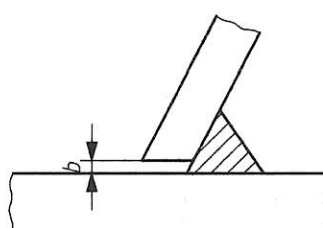
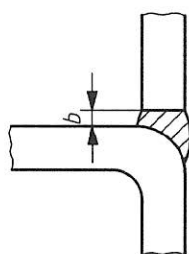
Per θ < 60°, utilizzare un particolare di saldatura d'angolo (come nella figura E.5) a D nell'area del tallone di saldatura

dove $b_1 = b_0$
b = 2 mm max.
c = da 1 mm a 2 mm
α = da 20° a 25°

Nota Applicazione della EN ISO 9692-1 caso 1.4 alle sezioni cave quadrate o rettangolari

figura E.5 **Preparazione e posa in opera della saldatura - Saldature d'angolo nelle sezioni cave quadrate e rettangolari di giunti tra controventi e briglie**

Particolare in A, B:

dove $b_1 < b_0$
b = max. 2 mm

Particolare in C:

$60° \leq \theta < 90°$
b = max. 2 mm
Per $\theta < 60°$, dovrebbe essere utilizzato un particolare di saldatura di testa (come in figura E.4) a C nell'area del bordo del cordone.

Particolare in D:

$30° \leq \theta < 90°$
b = max. 2 mm
Per gli angoli più piccoli non è richiesta la piena penetrazione purché vi sia un adeguato spessore della gola.

dove $b_1 = b_0$
b = max. 2 mm

Nota Applicazione della EN ISO 9692-1 caso 3.101 alle sezioni cave quadrate o rettangolari.

figura E.6 **Preparazione e posa in opera della saldatura per giunti obliqui a sezione cava**

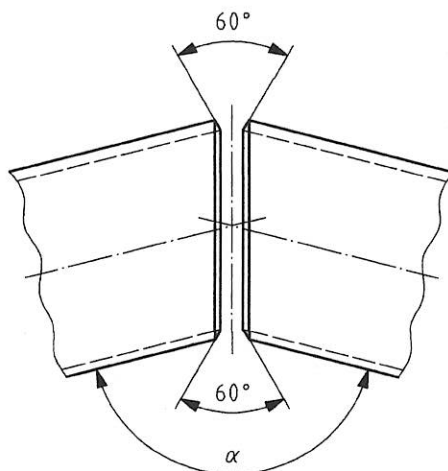
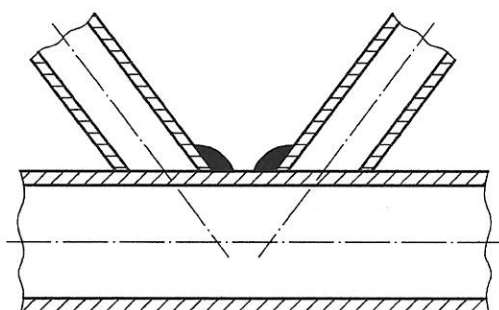
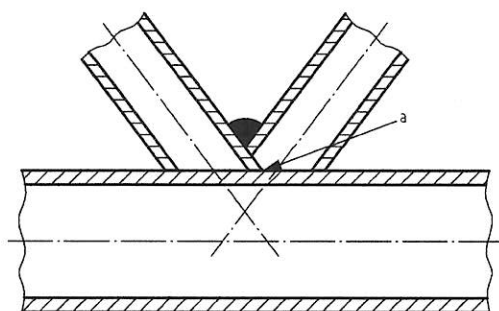
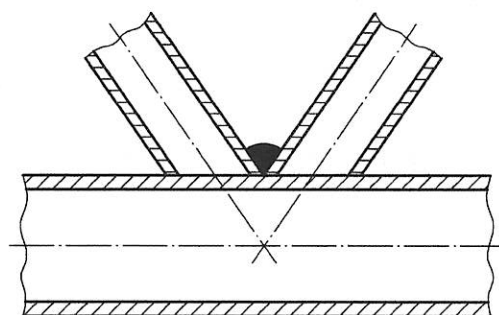



figura E.7 **Montaggio di due componenti controvento su un componente briglia**

Componenti separati
Saldature non sovrapposte
PARTICOLARE PREFERITO
Caso A

a = Area del bordo del cordone nascosta.
Se non diversamente specificato, l'area del bordo del cordone nascosta che deve essere saldata
Componenti sovrapposti
PARTICOLARE ACCETTABILE
Caso B

Componenti separati
ma con saldature sovrapposte
PARTICOLARE DA EVITARE
Caso C

Per giunti non sottoposti in modo significativo a carico dinamico, sono ammessi gli scostamenti seguenti per l'allineamento tra i bordi o le facce della spalla dei giunti testa a testa in linea tra i componenti a sezione cava:

- 25% dello spessore del prodotto costituente più sottile per materiale di spessore ≤ 12 mm;
- 3 mm per materiali di spessore maggiore di 12 mm.

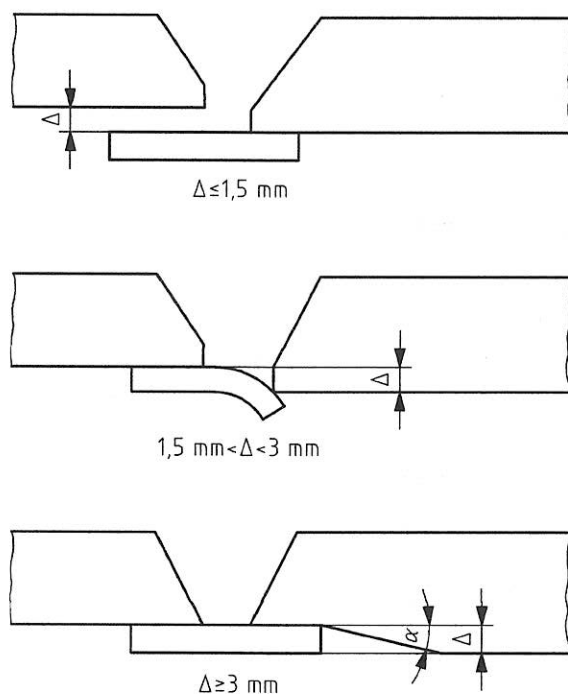
Tale allineamento può essere ottenuto mediante la lavorazione a macchina delle estremità per correggere le variazioni di spessore delle pareti e l'ovalizzazione o lo scostamento dall'ortogonalità delle sezioni cave, a condizione che lo spessore residuo del materiale sia conforme al minimo specificato.

Per i giunti testa a testa in linea tra sezioni cave di diverso spessore, gli spessori possono essere accoppiati utilizzando la seguente guida in conformità alla figura E.8:

a) se la differenza di spessore non è maggiore di 1,5 mm, non sono necessarie misure particolari;

b) se la differenza di spessore non è maggiore di 3 mm, il materiale di supporto può essere sagomato in modo da compensare la differenza (può essere utilizzata la formazione a caldo locale del materiale di supporto);

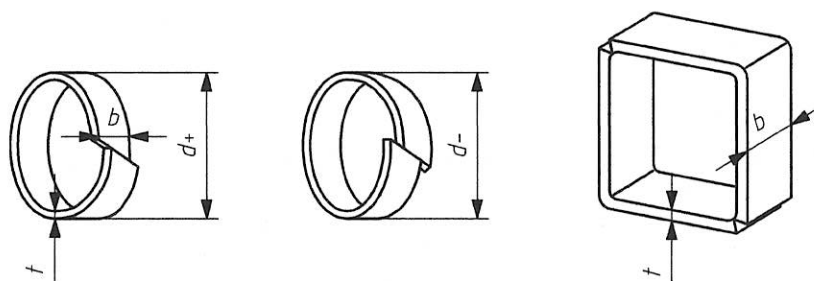
c) se la differenza è maggiore di 3 mm, la parete del componente più spesso dovrebbe essere conica con un'inclinazione pari o minore a 1 su 4.

figura E.8 **Particolari del materiale di supporto per componenti di diverso spessore**

I simboli Δ e α significano: Δ = differenza di spessore; tan α = pendenza, che non deve essere maggiore di 1 su 4.

Se non è appropriato utilizzare parte della struttura di acciaio come materiale di supporto, la figura E.9 fornisce una guida alle forme adatte per gli anelli o i nastri di sostegno.

figura E.9 **Forme adatte per anelli o nastri di sostegno**

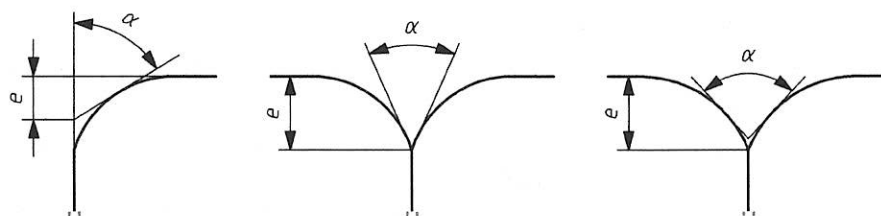
Spessore *t*: 3-6 mm

Ampiezza *b*: 20-25 mm

E.5 Giunti con saldatura d'angolo

Per i giunti tra controventi e briglia, la procedura di saldatura e il profilo locale dello spazio di saldatura dovrebbero essere scelti in modo da garantire una transizione fluida tra le parti del giunto che sono di testa (che dovrebbero essere in conformità alle figure E.2 ed E.4) e quelle che sono d'angolo (che dovrebbero essere in conformità alle figure E.3 ed E.5).

Per le saldature a torcia, l'angolo incluso nella preparazione della saldatura dovrebbe essere maggiore di 60° per la profondità effettiva della saldatura, come illustrato nella figura E.10.

Qui il simbolo α significa: angolo incluso di 60°.

figura E.10 **Saldatura a fiamma che collega due componenti a sezione cava quadrata o rettangolare**

Determinazione della profondità effettiva massima della saldatura, *e*, senza armatura, sulla base dell'angolo incluso, α, di 60°.

APPENDICE F (normativa) PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE

F.1 Generalità

F.1.1 Campo di applicazione

La presente appendice fornisce i requisiti e le linee guida relativi all'esecuzione della protezione contro la corrosione effettuata su componenti di acciaio, ad eccezione degli acciai inossidabili, al di fuori del cantiere e/o nel cantiere. Il campo di applicazione è la protezione contro la corrosione mediante la preparazione delle superfici e l'applicazione di sistemi di verniciatura o rivestimenti metallici per spruzzatura termica o zincatura per immersione a caldo. La protezione catodica non è compresa.

I requisiti per la protezione contro la corrosione devono essere indicati nella specifica di esecuzione in termini di specifica delle prestazioni (come nel punto F.1.2) o come requisiti prescrittivi per il trattamento protettivo da utilizzare (come nel punto F.1.3).

Nota 1 La norma EN ISO 12944-8 fornisce le linee guida per lo sviluppo di specifiche per la protezione contro la corrosione utilizzando vernici e prodotti correlati applicati su substrati in acciaio zincato per immersione a caldo o liscio (per esempio rivestimenti duplex). Le EN ISO 1461, EN ISO 14713-1 e EN ISO 14713-2 forniscono indicazioni per lo sviluppo di specifiche per la protezione contro la corrosione mediante zincatura per immersione a caldo. Le EN 13438 e EN 15773 forniscono indicazioni sulla verniciatura a polvere dell'acciaio zincato per immersione a caldo.

Nota 2 La guida alla spruzzatura termica è indicata nella EN ISO 2063.

La presente appendice non tratta la protezione contro la corrosione dei cavi e degli accessori.

Nota 3 Vedere la EN 1993-1-11:2006, appendice A.

F.1.2 Specifica delle prestazioni

Se per specificare i requisiti in materia di protezione contro la corrosione si utilizza una specifica delle prestazioni, questa deve specificare:

a) la durata prevista della protezione contro la corrosione (vedere EN ISO 12944-1 e EN ISO 14713-1:2017, prospetto 2) e;

b) la categoria di corrosività (vedere EN ISO 12944-2 e EN ISO 14713-1:2017, prospetto 1).

La specifica delle prestazioni può anche indicare una preferenza per la verniciatura, la spruzzatura termica o la zincatura per immersione a caldo.

Nota In termini di prestazioni, la serie EN ISO 4628 può essere utilizzata per valutare la degradazione delle vernici e dei prodotti correlati.

F.1.3 Requisiti prescrittivi

Se la durata di vita prevista di una categoria di protezione contro la corrosione e di corrosività è specificata in conformità al punto F.1.2, devono essere sviluppati requisiti prescrittivi per rispettarla.

In caso contrario, la specifica di esecuzione deve definire i requisiti prescrittivi fornendo, se pertinenti, i particolari dei seguenti elementi:

a) preparazione della superficie per i componenti di acciaio fabbricato da verniciare (vedere punto F.2.1);

b) preparazione della superficie per i componenti di acciaio fabbricati per la spruzzatura termica (vedere EN ISO 12679 e punto F.2.1);

c) preparazione della superficie per i componenti di acciaio fabbricato zincati per immersione a caldo (vedere punto F.2.2);

d) processi per la preparazione delle superfici degli elementi di collegamento (vedere punto F.5);

e) sistema di verniciatura in conformità alla EN ISO 12944-5 e/o prodotti vernicianti le cui prestazioni siano state valutate secondo la EN ISO 12944-6. Ciò può comprendere requisiti pertinenti ai successivi rivestimenti decorativi e restrizioni sulla scelta del colore per i prodotti di rivestimento;

f) metodi di lavoro per l'applicazione iniziale dei prodotti vernicianti e la riparazione (vedere EN ISO 12944-8 e punto F.6.1);

Nota La riparazione in cantiere di rivestimenti applicati in officina può richiedere una particolare attenzione.

g) spruzzatura termica (vedere punto F.6.2);

h) zincatura per immersione a caldo (vedere punto F.6.3);

i) requisiti particolari in materia di ispezione e controllo (vedere punto F.7);

j) requisiti speciali per le interfacce bimetalliche.

F.1.4 Metodo di lavoro

La protezione contro la corrosione deve essere effettuata in conformità ai metodi di lavoro che sono basati su un piano della qualità, se richiesto, e conformi ai punti da F.2 a F.7, come pertinente. Se richiesto, il piano della qualità deve essere sviluppato in base ai requisiti prescrittivi di cui al punto F.1.3.

I metodi di lavoro devono identificare se il lavoro deve essere svolto prima o dopo la fabbricazione.

I prodotti di protezione contro la corrosione devono essere utilizzati in conformità alle raccomandazioni del fabbricante. Le procedure di immagazzinamento e di manipolazione dei materiali devono garantire che i materiali da utilizzare non abbiano superato la loro durata di conservazione e la loro durata in vaso.

Tutti i prodotti verniciati, sottoposti a spruzzatura termica o zincati per immersione a caldo devono essere manipolati, immagazzinati e trasportati con cura per evitare danni alle loro superfici. I materiali di imballo, avvolgimento e di altro tipo utilizzati per la manipolazione e l'immagazzinamento generalmente devono essere di tipo non metallico.

Le condizioni ambientali di lavoro devono essere mantenute in modo da consentire alle vernici di essiccarsi a un livello accettabile e da evitare la corrosione dei rivestimenti metallici.

Nessuna operazione di manipolazione, immagazzinamento e trasporto deve essere effettuata prima che il sistema di rivestimento si sia indurito a un livello accettabile.

Le procedure di riparazione devono essere appropriate ai danni subiti utilizzando le procedure di manipolazione, immagazzinamento e costruzione e devono essere in conformità alle raccomandazioni del fabbricante del prodotto.

F.2 Preparazione della superficie degli acciai al carbonio

F.2.1 Preparazione della superficie degli acciai al carbonio prima della verniciatura o della spruzzatura di metallo

Le superfici devono essere preparate in conformità ai punti 10.2 e 12.6.

Devono essere effettuate prove di procedura per determinare i processi di pulizia e rugosità superficiale che si possono ottenere. Questi devono essere ripetuti a intervalli durante la produzione.

I risultati delle prove di procedura sui processi di pulizia a graniglatura devono essere sufficienti a stabilire se il processo è idoneo per il successivo processo di rivestimento.

La misurazione e la valutazione della rugosità superficiale devono essere effettuate secondo la EN ISO 8503-1 e la EN ISO 8503-2.

Se i materiali rivestiti devono ricevere un ulteriore trattamento, la preparazione della superficie deve essere appropriata al trattamento successivo.

Nota La pulizia degli utensili manuali o elettrici non è appropriata al mantenimento in efficienza di componenti metallici o rivestiti organicamente. Tuttavia, se è necessario riparare i rivestimenti, può essere necessario rimuovere detriti o depositi di corrosione locali per rivelare il substrato di acciaio di base prima di effettuare la riparazione.

In caso di sovraverniciatura di acciaio zincato, la pulizia della superficie richiede particolare attenzione. Le superfici devono essere pulite (rimozione di polvere e grasso) e possibilmente trattate con un idoneo primer di decapaggio o con sabbiatura di irruvidimento secondo la EN ISO 12944-4 per ottenere una rugosità superficiale "fine" in conformità alla EN ISO 8503-2. Il pretrattamento deve essere controllato prima di un successivo sovra-rivestimento.

F.2.2 Preparazione della superficie degli acciai al carbonio prima della zincatura per immersione a caldo

Se non diversamente specificato, le superfici devono essere preparate in conformità al punto 10.5 delle EN ISO 14713-2 e EN ISO 1461.

Nota Con il decapaggio chimico utilizzato prima della zincatura per immersione a caldo, gli acciai ad alta resistenza possono diventare soggetti a criccatura indotta dall'idrogeno, infragilimento dovuto a invecchiamento sotto tensione, criccatura favorita da metallo liquido o infragilimento da metallo liquido. (vedere EN ISO 14713-2).

F.3 Saldature e superfici per saldatura

Se un componente deve essere successivamente saldato, le superfici del componente a meno di 150 mm dalla saldatura non devono essere rivestite con materiali che possano compromettere la qualità della saldatura (vedere anche punto 7.5.1.1).

Le saldature e i metalli di base adiacenti non devono essere verniciati prima dell'asportazione delle scorie, della pulizia, del controllo e dell'accettazione della saldatura (vedere anche punto 10.2 - prospetto 22).

F.4 Superfici nei collegamenti precaricati

Per i collegamenti resistenti allo scivolamento, la specifica di esecuzione deve specificare i requisiti per le superfici di attrito e la classe di trattamento o le prove richieste (vedere 8.4 e 12.5.2.1).

Per i collegamenti precaricati che non devono necessariamente essere resistenti allo scivolamento, deve essere specificata l'estensione delle superfici interessate dagli assiemi di bulloneria precaricati. Se le superfici di contatto devono essere verniciate prima dell'assemblaggio, si deve applicare solo un rivestimento di primer con uno spessore massimo di 100 µm.

F.5 Preparazione degli elementi di collegamento

La specifica per la preparazione degli elementi di collegamento deve essere conforme a quanto segue:

a) la classificazione di protezione contro la corrosione specificata per l'opera o parte dell'opera;

b) il materiale e il tipo di elemento di collegamento;

c) i materiali adiacenti a contatto con l'elemento di collegamento quando in posizione e i rivestimenti su tali materiali;

d) *il metodo di serraggio dell'elemento di collegamento;*

e) l'eventuale necessità di riparare il trattamento dell'elemento di collegamento dopo il serraggio.

Se è necessaria una preparazione agli elementi di collegamento dopo l'installazione, questa non deve essere effettuata fino a quando non sia stata completata la necessaria ispezione degli elementi di collegamento.

La parte incorporata dei bulloni di fondazione deve essere protetta per almeno i primi 50 mm al di sotto della superficie finita del calcestruzzo. Se non diversamente specificato, le restanti superfici dell'acciaio non devono essere trattate (vedere EN ISO 12944-3).

F.6 Metodi di rivestimento

F.6.1 Verniciatura

Le condizioni superficiali del componente devono essere controllate poco prima della verniciatura per verificare che sia conforme alle specifiche richieste, alla EN ISO 12944-4, alla serie EN ISO 8501 e alla EN ISO 8503-2 e alle raccomandazioni del fabbricante per il prodotto che sta per essere applicato.

La verniciatura deve essere effettuata in conformità alla EN ISO 12944-7.

Se si devono applicare due o più rivestimenti, per ciascuno di essi deve essere utilizzata una tonalità di colore diversa.

Il lavoro non deve procedere se le condizioni ambientali e superficiali non sono in conformità alle raccomandazioni del fabbricante del prodotto. Dopo l'applicazione, le superfici verniciate devono essere protette per un periodo successivo all'applicazione come richiesto dalle raccomandazioni del fabbricante del prodotto.

F.6.2 Spruzzatura di metallo

La spruzzatura termica di metallo deve essere di zinco, alluminio o lega di zinco/alluminio 85/15 e deve essere effettuata in conformità alla EN ISO 2063.

Le superfici verniciate con spruzzatura termica di metallo devono essere trattate con un idoneo sigillante prima di essere sovra-rivestite di vernice in conformità al punto F.6.1. Questo sigillante deve essere compatibile con la vernice di sovra-rivestimento e deve essere applicato immediatamente dopo il raffreddamento della spruzzatura di metallo per evitare l'ossidazione o la cattura di umidità.

F.6.3 Zincatura per immersione a caldo

La zincatura per immersione a caldo deve essere effettuata in conformità alla EN ISO 1461.

Se la zincatura per immersione a caldo dopo la fabbricazione è specificata per i componenti formati a freddo, essa deve essere effettuata in conformità alla EN ISO 1461 e devono essere specificati i requisiti relativi alla qualificazione della procedura di immersione.

Devono essere specificati requisiti relativi all'ispezione, al controllo o alla qualificazione della preparazione da effettuare prima del successivo sovra-rivestimento.

F.7 Ispezione e controllo

F.7.1 Generalità

L'ispezione e il controllo devono essere effettuati in conformità al piano della qualità, se richiesto, e ai punti da F.7.2 a F.7.4. La specifica di esecuzione deve specificare tutti i requisiti per ispezioni e prove aggiuntive.

Le operazioni di ispezione e di controllo, compresi i controlli ordinari di cui al punto F.7.2, devono essere registrate.

F.7.2 Controllo ordinario

Il controllo ordinario della protezione contro la corrosione deve comprendere:

a) controlli delle superfici d'acciaio preparate per essere sottoposte a trattamento di protezione contro la corrosione per verificare che presentino il grado di pulizia prescritto, valutato in conformità ai punti 10.2 e 12.6;

b) misurazione dello spessore di:

   1) ogni piegatura del rivestimento di vernice in conformità alla ISO 19840, ma quando la protezione è ottenuta mediante zincatura per immersione a caldo, il rivestimento di vernice deve essere controllato in conformità alla EN ISO 2808;

   2) spruzzatura termica in conformità alla EN ISO 2063;

   3) zincatura per immersione a caldo in conformità alla EN ISO 1461;

c) esame visivo per verificare che il trattamento di verniciatura sia conforme alle disposizioni della EN ISO 12944-7;

d) se non diversamente specificato, per il trattamento di verniciatura l'entità del controllo deve essere:

   1) per ogni 100 m^2 di ciascuna piegatura di rivestimento devono essere effettuate cinque letture dello spessore del film secco (DFT);

   2) la media di queste cinque letture non deve essere minore del DFT nominale specificato (NDFT);

   3) il valore minimo di queste cinque letture non deve essere minore dell'80% dell'NDFT;

   4) il valore massimo di queste cinque letture non deve essere maggiore di 2 x NDFT generalmente o di 3 x NDFT per bordi, saldature e altre aree che ricevono il rivestimento con strisce di prodotto.

F.7.3 Aree di riferimento

In conformità alla EN ISO 12944-7, la specifica di esecuzione deve definire le aree di riferimento da utilizzare per stabilire il riferimento minimo accettabile per il lavoro. Se non diversamente specificato, devono essere specificate aree di riferimento per i sistemi di protezione contro la corrosione appartenenti alle Categorie di corrosività da C3 a C5 e da Im1 a Im3.

F.7.4 Componenti zincati per immersione a caldo

Se non diversamente specificato, a causa del rischio di cricche da metalli liquidi (LMAC), i componenti zincati per immersione a caldo devono essere sottoposti a ispezione post-zincatura.

Nota Le informazioni su LMAC sono indicate in [39], [40], [42] e [43].

La specifica del componente deve specificare quanto segue:

a) componenti per i quali non è richiesta un'ispezione post-zincatura;

b) componenti o punti specifici da sottoporre a PND aggiuntive supplementari, il cui scopo e campo di applicazione e le cui modalità devono essere specificati.

I risultati dell'ispezione post-zincatura devono essere registrati.

Se si riscontrano segni di criccatura, allora il componente e tutti i componenti di forma simile fabbricati con materiali e particolari di saldatura simili devono essere identificati e messi in quarantena come prodotti non conformi. Deve essere effettuata una registrazione fotografica della cricca e deve essere applicata una procedura specifica per stabilire l'ambito e l'origine del problema.

APPENDICE G (normativa) DETERMINAZIONE DEL FATTORE DI SCORRIMENTO

G.1 Generalità

Lo scopo di questa prova è quello di determinare il fattore di scorrimento per un particolare trattamento della superficie, spesso comprendente un rivestimento superficiale.

Il procedimento di prova è inteso a garantire che si tenga conto della possibilità di deformazione da scorrimento del collegamento.

La validità dei risultati della prova per le superfici rivestite è limitata ai casi nei quali tutte le variabili significative sono simili a quelle dei provini.

G.2 Variabili significative

Le seguenti variabili devono essere considerate significative per i risultati della prova:

a) la composizione del rivestimento;

b) il trattamento della superficie e il trattamento delle piegature primarie nel caso di sistemi multistrato (vedere punto G.3);

c) lo spessore massimo del rivestimento (vedere punto G.3);

d) la procedura di indurimento;

e) l'intervallo di tempo minimo tra l'applicazione del rivestimento e l'applicazione del carico al collegamento;

f) la classe di proprietà del bullone (vedere punto G.6);

g) numero e configurazione delle rondelle;

h) tipo di piastre d'acciaio.

G.3 Provini

I provini devono essere conformi ai dettagli dimensionali illustrati nella figura G.1.

Il materiale di acciaio deve essere conforme alle norme da EN 10025-2 a EN 10025-6 e gli acciai inossidabili secondo la EN 10088-4 o la EN 10088-5.

Per garantire che le due piastre interne abbiano lo stesso spessore, devono essere prodotte tagliandole consecutivamente dallo stesso pezzo di materiale e assemblandole nelle loro posizioni relative originali.

Le piastre devono avere bordi tagliati con accuratezza che non interferiscano con il contatto tra le superfici della piastra. Esse devono essere sufficientemente piatte da permettere alle superfici preparate di entrare a contatto quando i bulloni sono stati precaricati in conformità ai punti 8.1 e 8.5.

figura G.1 **Provini di riferimento per la prova del fattore di scorrimento**

Legenda

S1 Piano di scorrimento 1

S2 Piano di scorrimento 2

S3 Piano di scorrimento 3

S4 Piano di scorrimento 4

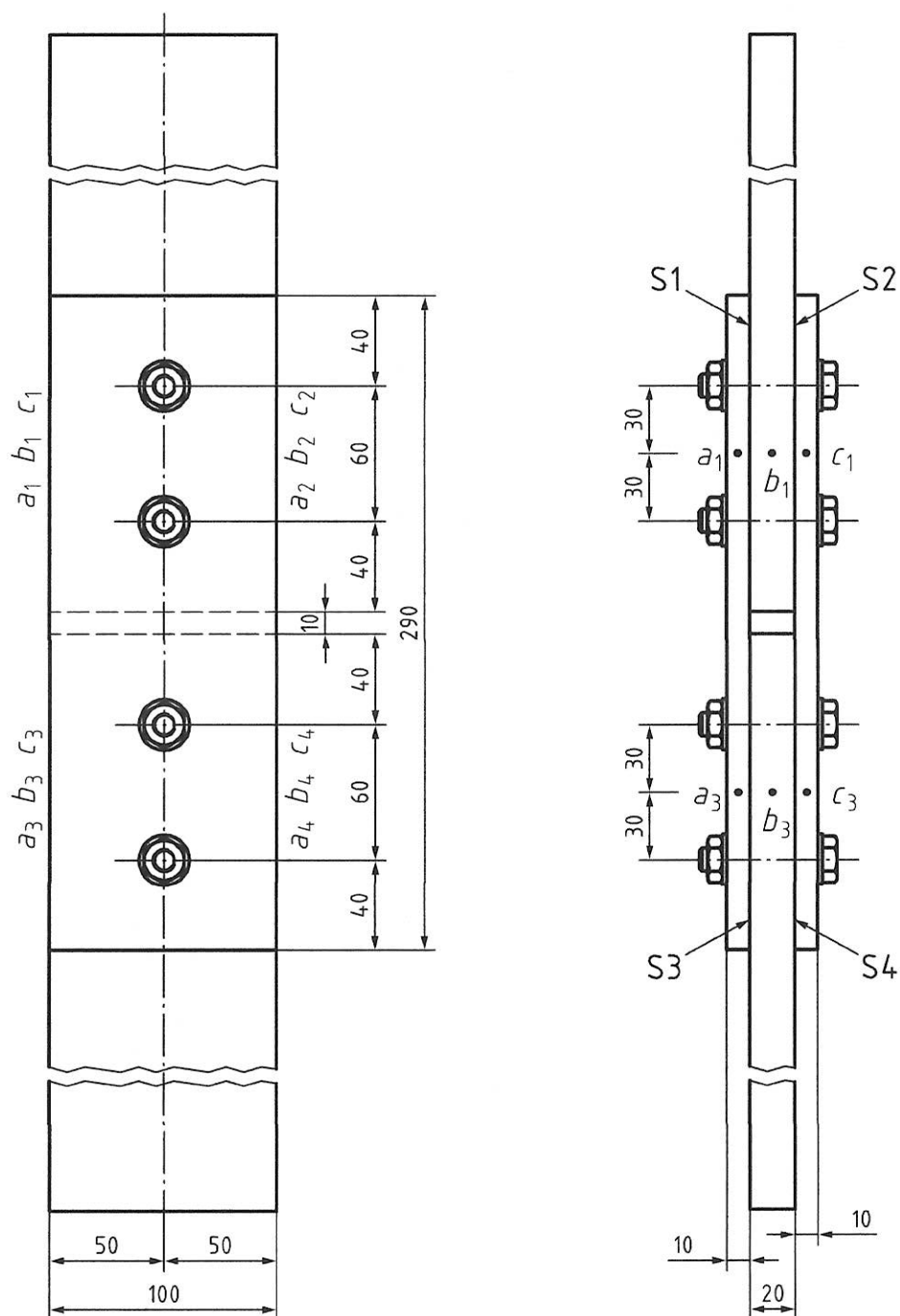
Dimensioni in millimetri

a) Bulloni M20 con foro da 22 mm di diametro

figura G.1 **Provini di riferimento per la prova del fattore di scorrimento** (Continua)

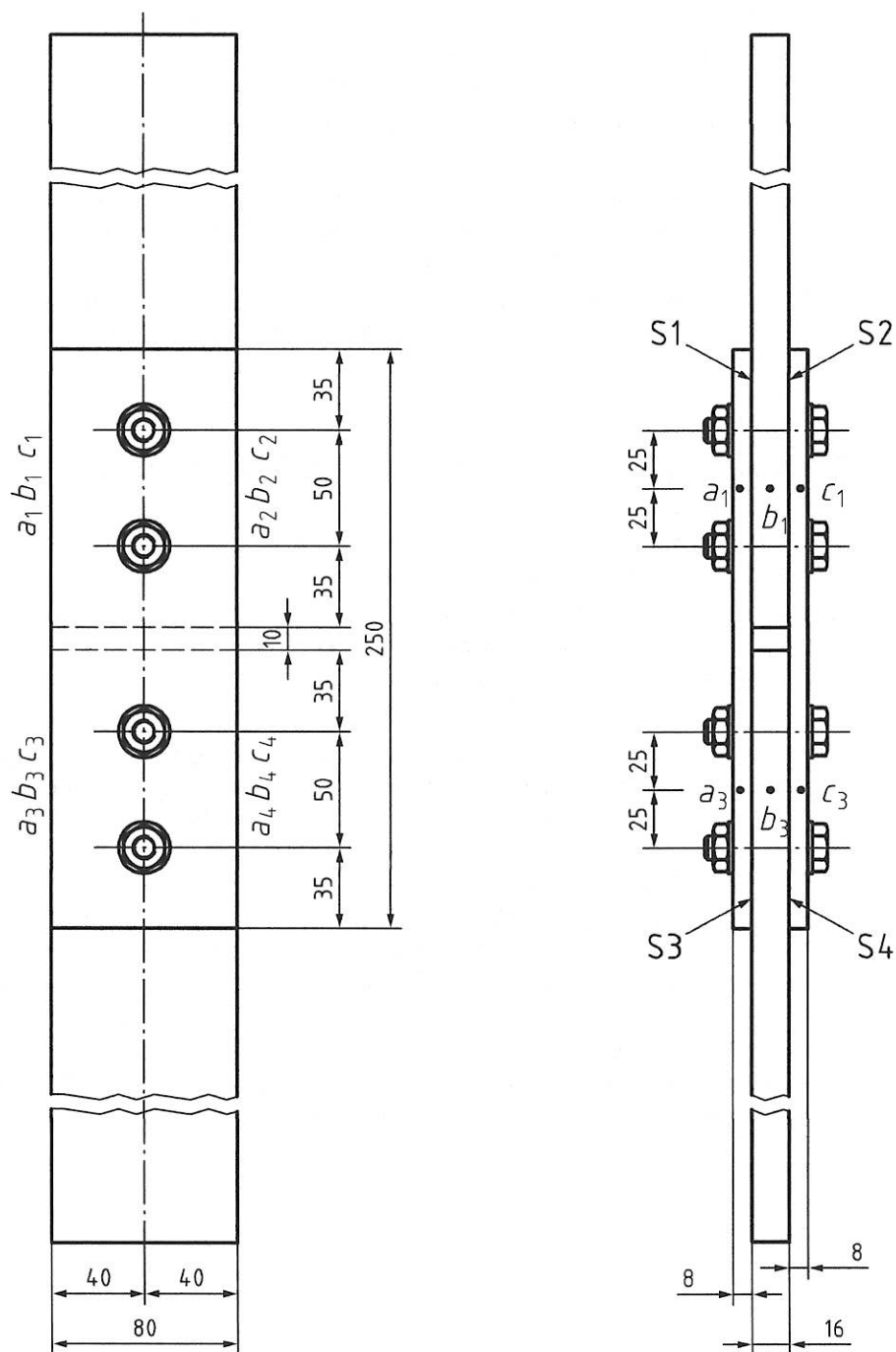
Legenda

S1 Piano di scorrimento 1

S2 Piano di scorrimento 2

S3 Piano di scorrimento 3

S4 Piano di scorrimento 4

Dimensioni in millimetri

b) Bulloni M16 con foro da 18 mm di diametro

Il trattamento e il rivestimento della superficie specificati devono essere applicati alle superfici di contatto dei provini in modo coerente con l'applicazione strutturale prevista. Lo spessore medio del rivestimento sulla superficie di contatto dei provini deve essere almeno del 25% maggiore dello spessore nominale specificato per l'utilizzo nella struttura.

Il processo di indurimento deve essere documentato, mediante riferimento alle raccomandazioni pubblicate o mediante una descrizione della procedura effettiva.

I campioni devono essere assemblati in modo che i bulloni siano portanti in direzione opposta alla tensione applicata.

Deve essere registrato l'intervallo di tempo (in ore) tra il rivestimento e la prova.

I bulloni devono essere serrati con un'approssimazione di ± 5% rispetto al precarico specificato, $F_{p,C}$, per le dimensioni e la classe di proprietà del bullone utilizzato.

Il precarico nei bulloni deve essere misurato direttamente con un'attrezzatura accurata con un'approssimazione di ± 4%.

Se è richiesta una stima delle perdite di precarico del bullone nel tempo, i provini possono essere lasciati riposare per un periodo di tempo specificato, al termine del quale è possibile misurare nuovamente i precarichi.

I precarichi dei bulloni in ciascun provino devono essere misurati immediatamente prima della prova e, se necessario, i bulloni devono essere serrati nuovamente con l'accuratezza richiesta ± 5%.

G.4 Procedimento di prova di scorrimento e valutazione dei risultati

Inizialmente, devono essere sottoposti a prova cinque provini. Quattro prove devono essere caricate a velocità normale (durata della prova di circa 10-15 minuti). Il quinto provino deve essere utilizzato per la prova di scorrimento.

I campioni devono essere sottoposti a prova su una macchina di tensionamento. Deve essere registrata la relazione carico/scorrimento.

In un provino esistono quattro piani di scorrimento:

piani di scorrimento da 1 a 4 secondo la figura G.1.

Lo scorrimento deve essere considerato come lo spostamento relativo tra punti adiacenti su una piastra interna (posizione b, figura G.1) e su una piastra di copertura (posizioni a e c, figura G.1), nella direzione del carico applicato. Deve essere misurato separatamente per ciascuna estremità e per ciascun lato del provino, dando luogo a otto valori di spostamento, vedere figura G.1.

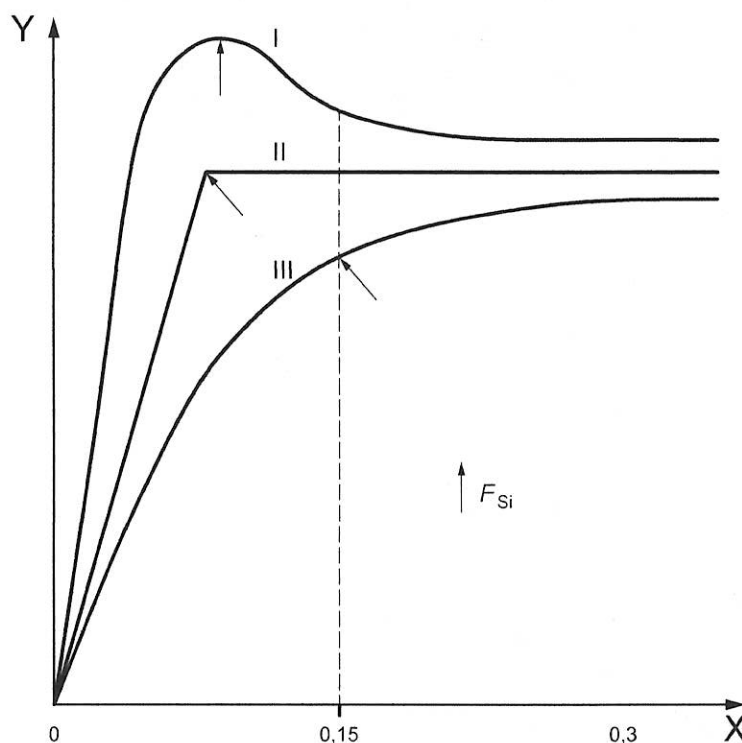
Lo scorrimento può verificarsi in caso di combinazione di scorrimento nei piani di scorrimento 1 e 2, 3 e 4 o diagonale nei piani di scorrimento 1 e 4 o 2 e 3. Lo scorrimento deve essere valutato secondo la modalità di cedimento esistente, in modo che siano infine determinati due valori medi dello scorrimento sulla base di otto spostamenti misurati.

Il carico di scorrimento individuale per un collegamento, F_{Si}, è definito come il carico allo spostamento di 0,15 mm o al carico di picco prima dello spostamento di 0,15 mm secondo il diagramma carico-spostamento come indicato nella figura G.2.

figura G.2 **Definizione del carico di scorrimento per un diverso comportamento di spostamento del carico**

Legenda

X Spostamento di scorrimento [mm]

Y Forza, F_{Si}

Nota I Il carico di scorrimento è il carico di picco prima dello scorrimento di 0,15 mm.
IIII carico a scorrimento è un carico di scorrimento improvviso prima di 0,15 mm
IIIII carico a scorrimento è il carico di scorrimento di 0,15 mm.

Il quinto provino deve essere caricato con un carico specifico pari al 90% del carico medio di scorrimento F_{Sm} dei primi quattro provini (cioè la media di otto valori).

Se per il quinto provino lo scorrimento ritardato, cioè la differenza tra lo scorrimento registrato a cinque minuti e a tre ore dopo l'applicazione del pieno carico, non è maggiore di 0,002 mm, per il quinto provino devono essere determinati i carichi di scorrimento come per i primi quattro. Se lo scorrimento ritardato è maggiore di 0,002 mm, devono essere effettuate prove di scorrimento prolungate in conformità al punto G.5.

Se lo scarto tipo s_{Fs} dei dieci valori (ottenuti dai cinque provini) per il carico di scorrimento è maggiore dell'8% del valore medio, devono essere sottoposti a prova provini aggiuntivi.

Il numero totale di provini (compresi i primi cinque) deve essere determinato da:

$$n > (s / 3,5)^2 \qquad (G.1)$$

dove:

n è il numero di provini;

s è lo scarto tipo s_{Fs} per il carico di scorrimento rispetto ai primi cinque campioni (dieci valori) espresso in percentuale del valore medio del carico di scorrimento.

G.5 Procedura di prova di scorrimento prolungata e sua valutazione

Se è necessario effettuare prove di scorrimento prolungate, dopo il punto G.4 devono essere sottoposti a prova almeno tre provini (sei collegamenti).

Al provino deve essere applicato un carico specifico il cui valore deve essere determinato in modo da tener conto sia del risultato della prova di scorrimento effettuata come nel punto G.4 sia dei risultati di tutte le precedenti prove di scorrimento prolungate.

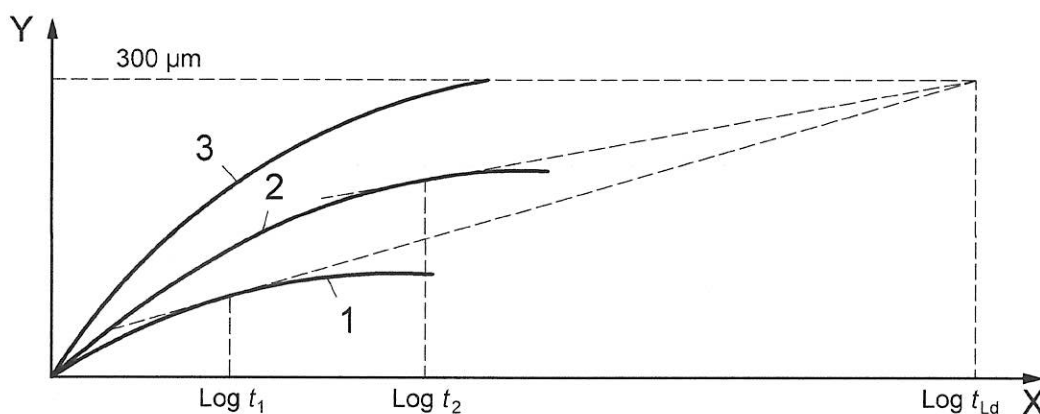
Può essere adottato un carico corrispondente al fattore di scorrimento proposto per l'utilizzo nell'applicazione strutturale. Se il trattamento della superficie deve appartenere a una classe specifica, si può applicare un carico corrispondente al fattore di scorrimento per tale classe in conformità al prospetto 16.

Deve essere tracciata una curva "spostamento - logaritmo del tempo" (vedere figura G.3) per dimostrare che il carico determinato utilizzando il fattore di scorrimento proposto non provocherà spostamenti maggiori di 0,3 mm durante la vita utile di progetto della struttura, considerando un periodo di 50 anni, se non diversamente specificato. La curva "spostamento - logaritmo del tempo" può essere estrapolata linearmente non appena sia possibile determinare con sufficiente accuratezza la tangente.

figura G.3 **Uso della curva spostamento - logaritmo del tempo per la prova di scorrimento prolungata**

Legenda

X Tempo (scala logaritmica)

Y Spostamento di scorrimento

Nota t_{Ld} Vita di progetto della struttura

t_1 Durata minima della prova 1

t_2 Durata minima della prova 2

Curva 1 La prova di scorrimento prolungata è superata.

Curva 2 La prova di scorrimento prolungata è superata.

Curva 3 La prova di scorrimento prolungata non è superata.

G.6 Risultati della prova

I valori dei singoli fattori di scorrimento sono determinati come segue:

$$\mu_i = \frac{F_{Si}}{4F_{p,C}} \tag{G.2}$$

Il valore medio del carico di scorrimento F_{Sm} e il suo scarto tipo s_{Fs} sono determinati come segue:

$$F_{Sm} = \frac{\sum F_{Si}}{n},\ s_{Fs} = \sqrt{\frac{\sum (F_{Si} - F_{Sm})^2}{n-1}} \tag{G.3}$$

Il valore medio del fattore di scorrimento μ_m e il suo scarto tipo s_μ sono determinati come segue:

$$\mu_m = \frac{\sum \mu_i}{n}, \quad s_\mu = \sqrt{\frac{\sum (\mu_i - \mu_m)^2}{n-1}} \qquad \text{(G.4)}$$

Il valore caratteristico del fattore di scorrimento μ deve essere assunto come valore del frattile del 5% con un livello di affidabilità del 75%.

Per dieci valori, $n = 10$, da cinque campioni, il valore caratteristico può essere considerato come il valore medio meno 2,05 volte lo scarto tipo.

A meno che sia richiesta una prova di scorrimento prolungata, il fattore di scorrimento nominale deve essere considerato pari al suo valore caratteristico.

Se è richiesta una prova di scorrimento prolungata, il fattore di scorrimento nominale può essere considerato come il valore che si è dimostrato conforme al limite di scorrimento specificato, vedere punto G.5.

I fattori di scorrimento determinati utilizzando la classe di proprietà dei bulloni 10.9 possono essere utilizzati anche per la classe di proprietà dei bulloni 8.8.

In alternativa, si possono effettuare prove separate per i bulloni della classe di proprietà 8.8. I fattori di scorrimento determinati utilizzando la classe di proprietà 8.8 non devono essere considerati validi per la classe di proprietà 10.9 dei bulloni.

Se richiesto, il trattamento della superficie deve essere assegnato alla classe di superficie di attrito pertinente come segue, in conformità al valore caratteristico del fattore di scorrimento μ determinato nei punti G.4 o G.5, come pertinente:

$\mu \geq 0{,}50$	Classe A
$0{,}40 \leq \mu < 0{,}50$	Classe B
$0{,}30 \leq \mu < 0{,}40$	Classe C
$0{,}20 \leq \mu < 0{,}30$	Classe D

APPENDICE H (normativa) PROVA DI TARATURA PER ASSIEMI DI BULLONERIA PRECARICATI IN CONDIZIONI DI CANTIERE

H.1 Generalità

La presente appendice specifica una prova di serraggio destinata a rappresentare le condizioni del cantiere per tarare gli assiemi di bulloneria ad alta resistenza per i collegamenti imbullonati precaricati.

Lo scopo della prova è determinare i parametri necessari per garantire che il precarico minimo richiesto sia ottenuto in modo affidabile mediante i metodi di serraggio specificati nella presente norma europea.

Lo scopo di questa prova non è quello di migliorare le caratteristiche di un insieme imbullonato dichiarato in conformità alla EN 14399-1.

H.2 Simboli e unità

A_s	Area resistente nominale della vite, (mm^2) (vedere EN ISO 898-1);
e_M	Rapporto $e_M = (M_{max} - M_{min})/M_m$;
F_b	Carico della vite durante la prova, (kN);
F_m	Valore medio dei valori di prova $F_{b,i}$ del numero i per F_b (kN);
$F_{p,C}$	Precarico richiesto di 0,7 f_{ub} A_s (kN);
f_{ub}	Resistenza nominale del bullone (R_m) (MPa);
M_i	Valore individuale della coppia correlata a $F_{p,C}$ (Nm);
M_m	Valore medio dei valori M_i del numero i (Nm);
M_{max}	Valore massimo dei valori M_i del numero i (Nm);
M_{min}	Valore minimo dei valori numero i M_i (Nm);
$M_{r,test}$	Valore di riferimento della coppia (Nm) (vedere punto 8.5.2, b));
s_M	Valori dello scarto tipo stimato del numero i M_i (kN);
V_M	Coefficiente di variazione dei valori del numero i M_i;
V_F	Coefficiente di variazione dei valori del numero i $F_{b,i}$;
$\theta_{p,i}$	Valore individuale dell'angolo θ al quale il carico della vite ha raggiunto per la prima volta il valore $F_{p,C}$ (°);
$\theta_{1,i}$	Valore individuale dell'angolo θ al quale il carico della vite ha raggiunto il suo valore massimo $F_{bi,max}$ (°);
$\theta_{2,i}$	Valore individuale dell'angolo θ alla quale la prova è interrotta (°);
$\Delta\theta_{1,i}$	La differenza tra gli angoli individuali ($\theta_{1,i} - \theta_{p,i}$) (°);
$\Delta\theta_{2,i}$	La differenza tra gli angoli individuali ($\theta_{2,i} - \theta_{p,i}$) (°);
$\Delta\theta_{2,min}$	Il valore minimo richiesto della differenza tra gli angoli $\Delta\theta_{2,i}$ come specificato nella norma di prodotto pertinente (°).

H.3 Principio della prova

La prova ha la possibilità di misurare i seguenti parametri durante il serraggio:

- il carico della vite;
- la coppia, se richiesta;
- la rotazione relativa tra il dado e la vite, se richiesta.

H.4 Apparecchiatura di prova

Il dispositivo di misurazione del carico della vite può essere in conformità alla EN 14399-2 o un dispositivo meccanico o idraulico quale una cella di carico, a condizione che l'accuratezza del dispositivo di misurazione del carico della vita soddisfi i requisiti indicati nel punto H.8. Lo strumento di misurazione del carico della vite deve essere tarato almeno una volta all'anno (o più frequentemente se raccomandato dal fabbricante dell'attrezzatura) da un'autorità di prova riconosciuta.

Le chiavi dinamometriche da utilizzare per la prova devono essere quelle da utilizzare in cantiere. Esse devono offrire un campo di funzionamento adatto. Si possono utilizzare chiavi a mano o avvitatori elettrici, ad eccezione degli avvitatori a impulso. Il requisito di accuratezza per le chiavi è di ± 4% per il metodo della coppia o di ± 10% per il metodo combinato, come appropriato. La chiave dinamometrica deve essere tarata almeno una volta all'anno (o più frequentemente se raccomandato dal fabbricante).

H.5 Assiemi di prova

Prove separate devono essere effettuate su campioni rappresentativi di ciascun lotto di assiemi di collegamento interessati. Gli assiemi di prova devono essere scelti in modo che tutti gli aspetti pertinenti delle loro condizioni siano simili.

Nota Le condizioni in cantiere degli elementi di collegamento, in particolare le prestazioni della lubrificazione, possono variare se sono lasciati esposti a condizioni ambientali estreme o se sono conservati per un lungo periodo di tempo.

Gli assiemi rappresentativi devono essere costituiti da più bulloni, dadi e rondelle per ciascun lotto di ispezione. Gli assiemi utilizzati per le prove non devono essere riutilizzati per le prove supplementari o nella struttura.

H.6 Allestimento di prova

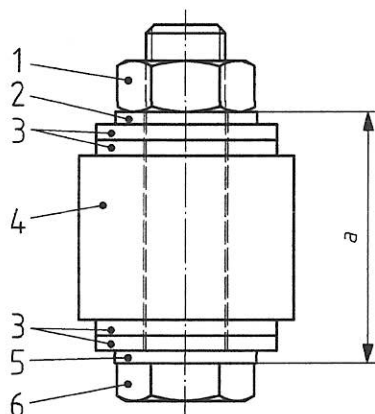
L'allestimento di prova (vedere figura H.1) può comprendere spessori necessari per adattare il dispositivo di misurazione.

Gli assiemi di prova e gli spessori devono essere posizionati in modo tale che:

- la composizione dell'insieme sia simile a quella dell'utilizzo pratico;
- una rondella smussata o uno spessore smussato sia posizionata sotto la testa del bullone;
- quando il dado è ruotato durante il serraggio, sotto il dado sia inserita una rondella;
- lo spessore del serraggio compresi gli spessori e la(e) rondella(e) sia il minimo consentito nella norma di prodotto pertinente.

figura H.1 **Assemblaggio tipico del dispositivo di misurazione della tensione**

Legenda

a Lunghezza del morsetto Σt
1 Dado
2 Rondella sotto il dado quando il dado è ruotato durante il serraggio
3 Spessore(i)
4 Dispositivo di misurazione della tensione del bullone
5 Rondella smussata dell'assieme o spessore smussato
6 Testa del bullone

H.7 Procedura di prova

Le prove possono essere effettuate in laboratorio o altrove in condizioni adatte. Il metodo utilizzato per il serraggio deve essere lo stesso che deve essere utilizzato nel cantiere.

Nota In alcuni casi, può essere più conveniente che il produttore del prodotto controlli se i gruppi di elementi di collegamento soddisfano ancora le caratteristiche dichiarate allo stato di fornitura.

Devono essere effettuate misurazioni sufficienti della coppia, della tensione corrispondente dei bulloni e, se richiesto, della rotazione corrispondente della parte ruotata, in modo da consentire la valutazione dei risultati della prova in conformità al punto H.8.

Né la parte fissa né la rondella sotto la parte ruotata devono ruotare durante la prova.

La base della taratura consiste nella registrazione dei valori di coppia M_i associati ai carichi della vite $F_{b,i}$ e nella loro correlazione alla tensione di precarico nominale nel bullone come proporzione di $F_{p,C} = 0,7\ f_{ub}\ A_s$.

Per il metodo della coppia, la prova deve essere interrotta quando una qualsiasi delle seguenti condizioni risulta soddisfatta:

a) il carico della vite è maggiore di 1,1 $F_{p,C}$;
b) l'angolo di rotazione del dado è maggiore di $(\theta_{p,i} + \Delta\theta_1)$ e/o $(\theta_{p,i} + \Delta\theta_{2,min})$, se richiesto;
c) si verifica la rottura della vite per frattura.

H.8 Valutazione dei risultati della prova

I criteri per i valori di coppia massima ammissibili per il metodo combinato sono indicati nel prospetto H.1, nel quale i valori di coppia misurati M_i sono determinati mediante precarico in una serie di bulloni al valore esatto di 0,75 $F_{p,C}$.

prospetto H.1 **Valori massimi di eM per il metodo combinato**

Numero (i) di prove	3	4	5	6
$e_M = (M_{max} - M_{min}) / M_m$	0,25	0,30	0,35	0,40
Condizioni dell'attrezzatura richieste: incertezza tarata del dispositivo di tensione del bullone ± 6%, errore di ripetibilità ± 3%, accuratezza della chiave dinamometrica tarata ± 4%, errore di ripetibilità ± 2%.				

I criteri di accettazione per il metodo della coppia devono essere basati su otto valori di coppia misurati M_{1-8} determinati mediante precarico in una serie di otto assiemi di bulloneria al valore esatto di 1,10 $F_{p,C}$.

Il momento torcente risultante, $M_{r,test}$, della prova di precarico basata su tutte e otto queste prove, deve essere considerato come

$$M_{r,test} = (M_{max} + M_{min.}) / 2 \qquad (H.1)$$

con il requisito che

$$(M_{max.} - M_{min.}) \leq 0,20\ M_{r,test} \qquad (H.2)$$

Se è richiesto un controllo, i criteri di accettazione per le rotazioni $\Delta\theta_1$ e $\Delta\theta_2$ devono essere quelli indicati nella parte pertinente della serie EN 14399 per gli elementi di collegamento del lotto di montaggio.

Nota 1 Le rotazioni $\Delta\theta_1$ e $\Delta\theta_2$ sono illustrate nella EN 14399-2:2015, figura 2.

Se si controllano le rotazioni, allora deve essere misurata la tensione massima del bullone (cioè la forza corrispondente alla rotazione $\Delta\theta_1$). Il requisito è che la tensione massima deve essere uguale o maggiore a 0,9 f_{ub} A_s con f_{ub} e A_s basati sui valori nominali.

I criteri di accettazione per il metodo HRC devono basarsi sul precarico di otto bulloni dopo la rottura dell'estremità scanalata.

Si applicano i requisiti seguenti:

a) valore individuale di $F_b \geq F_{p,C}$;

b) valore medio $F_m \geq 1,1\ F_{p,C}$;

c) coefficiente di variazione di $F_{b,i}$ $V_F \leq 0,06$.

I criteri di accettazione per il metodo DTI devono essere basati sulla misurazione del precarico su otto bulloni quando le deformazioni delle sporgenze dell'indicatore hanno appena raggiunto i valori indicati nella EN 14399-9.

Per tutti e otto i valori campione di $F_{b,i}$ si applica il seguente requisito:

$$F_{p,C} \leq F_{b,i} \leq 1,2\ F_{p,C}$$

Nota 2 I valori di $F_{p,C}$ sono indicati nel prospetto 18.

H.9 Rapporto di prova

Le seguenti informazioni minime devono essere comprese nel rapporto di prova:

- data della prova;
- numero identificativo del lotto di assemblaggio o del lotto di assemblaggio esteso;
- numero degli assiemi sottoposti a prova;
- designazione degli elementi di collegamento;
- marcatura di bulloni, dadi e rondelle;
- condizioni di rivestimento o finitura e lubrificazione della superficie; se pertinenti, descrizione delle alterazioni delle superfici dovute all'esposizione in cantiere;
- lunghezza del morsetto di prova;
- descrizione particolareggiata dell'allestimento di prova e dei dispositivi utilizzati per misurare la tensione e la coppia;
- osservazioni relative all'esecuzione delle prove (comprese condizioni e procedure di prova speciali, quali la rotazione della testa del bullone);
- risultati di prova secondo la presente appendice;
- specifiche per il precarico degli elementi di collegamento correlate al lotto di ispezione sottoposto a prova;
- certificati di taratura per chiavi dinamometriche e dispositivi tarati di misurazione della forza.

Il rapporto di prova deve essere firmato e datato.

APPENDICE I (informativa) — DETERMINAZIONE DELLA PERDITA DI PRECARICO PER RIVESTIMENTI SUPERFICIALI SPESSI

I.1 Generalità

Per i collegamenti imbullonati precaricati, si dovrebbe controllare la potenziale perdita di precarico nelle superfici di contatto sulle quali i rivestimenti applicati a ciascuna superficie sono più spessi di 100 µm o sono costituiti da un materiale particolarmente soggetto a scorrimento.

Se appropriato, il prospetto I.1 può essere utilizzato come base di riferimento per controllare l'idoneità dei rivestimenti superficiali e per stimare la potenziale perdita di precarico. Le designazioni dei sistemi di verniciatura utilizzati nel prospetto I.1 sono come specificato nella EN ISO 12944-5. Il prospetto I.1 presuppone che le superfici rivestite su tre piegature siano unite da elementi di collegamento precaricati con tutte le superfici rivestite (cioè che siano pressate insieme sei superfici rivestite, comprese le superfici esterne sotto le rondelle o i dadi o le teste dei bulloni). I limiti degli spessori di rivestimento ipotizzati nel prospetto I.1 sono che gli spessori del film secco (DFT) dei campioni sottoposti a prova rientrino nell'intervallo DFT nominale ± 20%.

Nota 1 Il valore DFT massimo di 1,2 × NDFT è un limite più restrittivo di quello specificato nel punto F.7.2.

In caso contrario, si può effettuare una prova secondo il punto I.2. Lo scopo della prova è stabilire un rapporto tra la perdita di precarico e lo spessore massimo ammesso delle piegature di rivestimento.

La prova non ha lo scopo di valutare l'effetto sul coefficiente di attrito della vernice sulle superfici di contatto dei collegamenti precaricati resistenti allo scorrimento.

Nota 2 Nei metodi di serraggio di cui al punto 8.5 è considerata una potenziale perdita di forza di precarico non maggiore del 10%.

prospetto I.1 **Potenziale perdita di precarico dovuta a rivestimenti/sistemi di rivestimento in combinazione con superfici di contatto precaricate**

Rivestimento/sistema di rivestimento (Vedere EN ISO 12944-5 per dettagli completi sul sistema)	Riferimento al sistema nella EN ISO 12944-5	Potenziale perdita di precarico
Zincatura per immersione a caldo non verniciata secondo la EN ISO 1461	n/A Elencato come un valore di riferimento	Perdita di forza di precarico ≤ 10% Adatto a tutti i collegamenti imbullonati precaricati[a) b)]
Primer di silicato di zinco metallico alcalino	n/A	Perdita di forza di precarico ≤ 10% Adatto a tutti i collegamenti imbullonati precaricati[a) b)]
Rivestimento monostrato a 2 pacchi di EP o PUR con Zn(R)	A 3.10	
Sistemi di rivestimento multistrato a 1 pacco PUR con Zn(R)	A 3.11 A 4.13 A 4.14 A 4.15	Perdita di forza di precarico ≤ 30%. Adatto a collegamenti imbullonati di categoria A e D secondo la EN 1993-1-8 che sono precaricati per motivi di manutenzione (per esempio durabilità o minimizzazione delle deformazioni)
Rivestimenti combinati PVC/PVC di qualsiasi spessore con rivestimenti AK o AY-idro con spessori maggiori di 120 µm	n/A	Perdita di forza di precarico > 30%. Non adatto per componenti in collegamenti precaricati

a) Idoneità per superfici di attrito vedere prospetto 17.
b) Nei collegamenti imbullonati di categoria B, C ed E secondo la EN 1993-1-8 può essere necessario eseguire la progettazione strutturale con 0,9 $F_{p,C}$ o (nel caso del metodo della coppia) per specificare i precarichi e gli assiemi di bulloneria che possono essere serrati nuovamente dopo un paio di giorni

I.2 Procedura di prova

Per i rivestimenti/sistemi di rivestimento non elencati nel prospetto I.1, o se più di due componenti rivestiti sono pressati insieme, dovrebbero essere effettuate prove secondo la procedura per valutare la potenziale perdita di precarico.

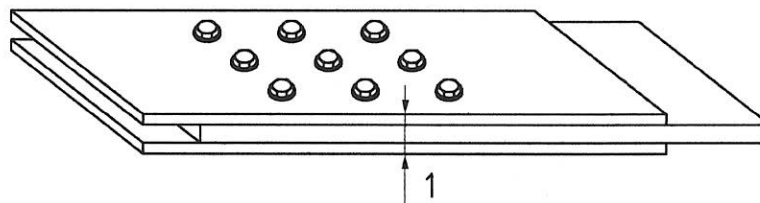
Se si utilizzano più di tre piegature o spessori rivestiti, la potenziale perdita può essere valutata in base al prospetto I.1 considerando il numero totale di superfici rivestite comprese nel collegamento precaricato.

Si propone la procedura seguente:

a) i provini dovrebbero essere costituiti da 2 piegature di 170 mm x 170 mm x 10 mm e da 1 piegatura di 170 mm x 170 mm x 20 mm con 9 fori passanti di 18 mm di diametro equidistanti (vedere figura I.1);

figura I.1 **Esempio di provino**

Legenda

1 Lunghezza serrata

b) le piegature di prova devono essere rivestite con il sistema di rivestimento su entrambi i lati;

c) le piegature dovrebbero essere fissate insieme utilizzando 9 assiemi di bulloni/dadi/ruote precaricati M16 × 70 mm che sono stati zincati per immersione a caldo secondo la EN ISO 10684;

d) gli elementi di collegamento dovrebbero essere precaricati secondo il metodo pertinente indicato al punto 8.5;

e) la perdita di precarico dovrebbe essere valutata in base alla variazione della lunghezza serrata dell'assieme di bulloneria per un periodo di almeno 30 giorni.

I risultati della prova dovrebbero essere documentati.

APPENDICE J BULLONI A INIEZIONE DI RESINA
(informativa)

J.1 Generalità

La presente appendice fornisce informazioni sulla fornitura e sull'utilizzo dei bulloni a iniezione di resina.

I bulloni a iniezione possono essere utilizzati come bulloni non precaricati o precaricati, come specificato. Il riempimento dell'interspazio tra il bullone e la superficie interna del foro è eseguito mediante iniezione di resina attraverso un piccolo foro nella testa del bullone, come mostrato in figura J.1. Dopo l'iniezione e il completo indurimento della resina, il collegamento è resistente allo scivolamento.

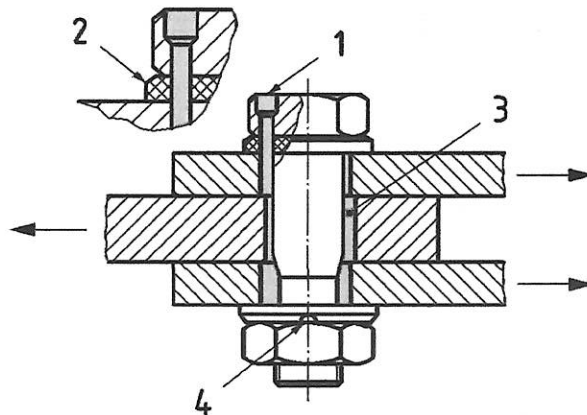
figura J.1 **Bullone a iniezione in un giunto a doppia sovrapposizione**

Legenda

1 Foro di iniezione

2 Rondella smussata

3 Resina

4 Scanalatura di sfiato aria nella rondella

I bulloni a iniezione dovrebbero essere realizzati di materiali in conformità al punto 5 e utilizzati in conformità al punto 8, integrati dalle raccomandazioni della presente appendice.

Nota L'ECCS N. 79 indica informazioni particolareggiate.

J.2 Dimensioni del foro

L'interspazio nominale per i bulloni nel foro dovrebbe essere di 3 mm. Per bulloni di dimensioni minori di M27, lo spazio libero può essere ridotto a 2 mm, come specificato al punto 6.6 per i normali fori circolari.

J.3 Bulloni

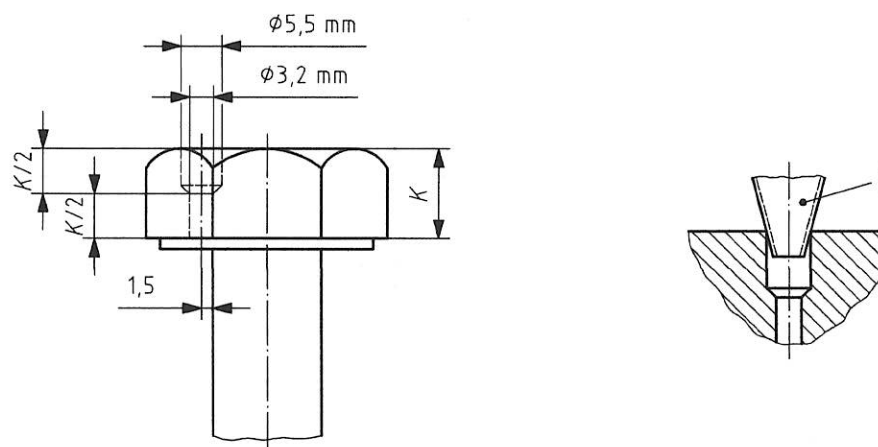
La testa del bullone dovrebbe essere dotata di un foro avente una posizione e dimensioni come specificato nella figura J.2.

Se si utilizzano altri tipi di ugello diversi da quelli in plastica, può essere necessario smussare il bordo per garantire una tenuta sufficiente.

figura J.2 **Foro nella testa del bullone**

Legenda

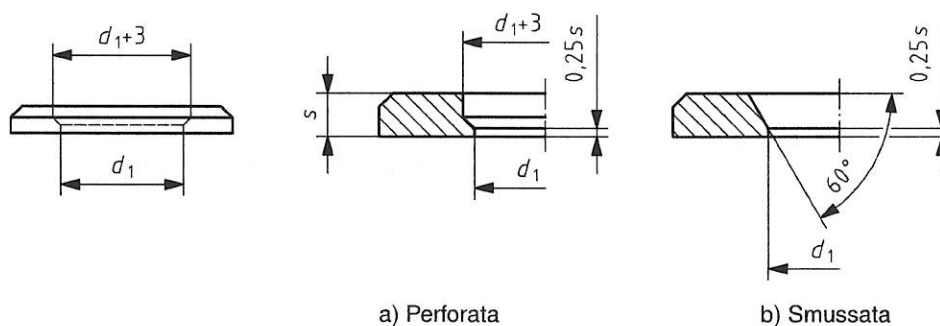
1 Ugello del dispositivo di iniezione

Dimensioni in millimetri

J.4 Rondelle

Sotto la testa del bullone, si dovrebbe utilizzare una rondella speciale. Il diametro interno di questa rondella dovrebbe essere di almeno 0,5 mm maggiore del diametro effettivo del bullone. Un lato dovrebbe essere lavorato secondo la figura J.3 a) o J.3 b) nelle quali le dimensioni sono espresse in mm.

figura J.3 **Preparazione della rondella per l'utilizzo sotto la testa del bullone**

Dimensioni in millimetri

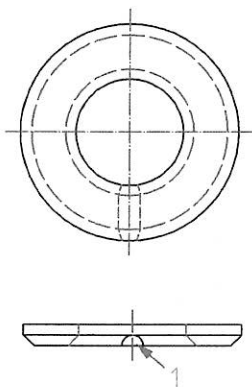
a) Perforata b) Smussata

La rondella sotto la testa del bullone dovrebbe essere posizionata con la battuta rivolta verso la testa del bullone.

Sotto il dado, si dovrebbe utilizzare una rondella speciale dotata di scanalatura secondo la figura J.4. I bordi della scanalatura dovrebbero essere lisci e arrotondati.

La rondella sotto il dado dovrebbe essere posizionata con la scanalatura rivolta verso il dado.

figura J.4 **Preparazione della rondella per l'utilizzo sotto il dado**

Legenda

1 Scanalatura

J.5 Dadi

Si può supporre che i dadi siano sufficientemente fissati dalla resina.

J.6 Resina

Si dovrebbe utilizzare una resina a due componenti.

Dopo la miscelazione dei due componenti, la massa dovrebbe avere una viscosità tale, alla temperatura ambiente durante l'installazione, che gli spazi ristretti nel collegamento imbullonato siano riempiti facilmente. Tuttavia, il flusso della massa dovrebbe arrestarsi dopo che la pressione di iniezione è stata rimossa.

La durata in vaso della resina dovrebbe essere di almeno 15 minuti a temperatura ambiente.

Se non sono disponibili dati, si dovrebbero effettuare prove di procedura per determinare la temperatura e il tempo di indurimento appropriati.

La resistenza portante di progetto della resina dovrebbe essere determinata in modo analogo alla procedura per la determinazione del fattore di scorrimento come specificato nell'appendice G.

J.7 Serraggio

Prima di iniziare la procedura di iniezione, si dovrebbe effettuare un serraggio dei bulloni in conformità al punto 8.

J.8 Installazione

L'installazione dovrebbe essere eseguita in conformità alle raccomandazioni indicate dal fabbricante del prodotto.

La temperatura della resina dovrebbe essere compresa tra 15°C e 25°C. In climi molto freddi si dovrebbero preriscaldare la resina e, se necessario, i componenti di acciaio. Se la temperatura è troppo elevata, è possibile utilizzare argilla per modellare per chiudere il foro nella testa e la scanalatura della rondella subito dopo l'iniezione.

Il collegamento dovrebbe essere privo di acqua al momento dell'iniezione.

Nota Per eliminare l'acqua è generalmente necessario un giorno di clima asciutto prima dell'inizio della procedura di iniezione.

Il tempo di indurimento dovrebbe essere tale da consentire l'indurimento della resina prima del caricamento della struttura.

Il riscaldamento dopo l'iniezione è ammesso per ridurre il tempo di indurimento, se necessario.

In alcuni casi, per esempio per la riparazione di ponti ferroviari, questo tempo può essere piuttosto breve. Per ridurre il tempo di indurimento (a circa 5 h) il collegamento può essere riscaldato fino a un massimo di 50°C al termine della loro durata in vaso.

APPENDICE K (informativa) GUIDA AL DIAGRAMMA DI FLUSSO PER LO SVILUPPO E L'UTILIZZO DI UN WPS

prospetto K.1 **Diagramma di flusso per lo sviluppo e l'utilizzo di un WPS**

Sviluppo di un p**WPS** preliminare
↓
Qualificazione della procedura di saldatura con un metodo secondo il punto 7.4.1 **(WPQR)**
↓
Preparazione del **WPS** per la produzione sulla base della pertinente registrazione di qualificazione della procedura di saldatura (**WPQR**)
↓
Utilizzo del **WPS** per le prime 5 saldature in produzione con entità della **PND** secondo il punto 12.4.2.2
↓
Utilizzo del **WPS** dopo le prime 5 saldature in produzione con **PND** secondo il 12.4.2.3

APPENDICE L (informativa) GUIDA ALLA SELEZIONE DELLE CLASSI DI ISPEZIONE DELLA SALDATURA

L.1 Generalità

La sola specifica della classe EXC potrebbe non essere sempre sufficiente a permettere la differenziazione dei criteri di accettazione e l'entità dell'ispezione per saldature/particolari di diversa importanza o criticità. Ciò può dare luogo a quanto segue:

a) i criteri di accettazione possono diventare troppo onerosi per le saldature che non sono importanti;

b) l'entità di ispezione specificata può diventare troppo grande per le saldature che non sono importanti;

c) l'ispezione specificata può trascurare i punti critici.

L'utilizzo di classi di ispezione della saldatura (WICs) può essere utile per definire lo scopo e campo di applicazione e la percentuale delle prove supplementari secondo la criticità della saldatura. Ciò può essere vantaggioso sia da un punto di vista della sicurezza sia da un punto di vista economico, in quanto possono essere evitate ispezioni e riparazioni non necessarie.

La scelta iniziale delle classi di ispezione della saldatura (WICs) dovrebbe tener conto della probabilità che si verifichino difetti per particolari configurazioni di saldatura (per esempio, saldature da eseguire in condizioni difficili come saldature di testa, saldature in cantiere, saldature per attacchi temporanei). Successivamente, le classi di ispezione della saldatura (WICs) possono essere ridotte o ripristinate in base all'esperienza nella produzione. Questa esperienza dovrebbe essere riesaminata separatamente per ciascun processo di saldatura e cantiere di produzione.

L.2 Criteri di selezione

Se si devono utilizzare classi di ispezione della saldatura, il prospetto L.1 fornisce una guida per un metodo sistematico per la selezione della classe di ispezione della saldatura. Il prospetto L.1 si basa sui seguenti criteri di selezione:

a) durata a **fatica**;

b) **conseguenza** di un cedimento della saldatura della struttura;

c) direzione, tipo e livello delle **sollecitazioni**.

prospetto L.1 **Guida a un metodo per la selezione della classe di ispezione della saldatura**

Livello di durata a fatica[a)]	Conseguenze di un cedimento dell'articolazione o del componente [c)]	Sollecitazioni nella saldatura[b)]	Classe di ispezione della saldatura (WIC)
Elevato utilizzo a fatica	Sostanziali[b)]	Saldature con direzione della sollecitazione principale dinamica trasversale alla saldatura (tra 45° e 135°)	WIC5
		Saldature con direzione della sollecitazione principale dinamica allineata alla saldatura (tra -45° e +45°)	WIC4
	Non sostanziali [c)]	Saldature con direzione della sollecitazione principale dinamica trasversale alla saldatura (tra 45° e 135°)	WIC3
		Saldature con direzione della sollecitazione principale dinamica allineata alla saldatura (tra -45° e +45°)	WIC2
Nessun utilizzo a fatica (cioè quasi statico) o **Basso** utilizzo a fatica	Sostanziali[b)]	Saldature con elevate [d)] sollecitazioni di trazione trasversali alla saldatura	WIC5
		Saldature con basse sollecitazioni di trazione trasversali alla saldatura e/o elevate[d)] sollecitazioni di taglio	WIC4
	Non sostanziali [c)]	Per saldature in EXC3 o EXC4 con elevate [d)] sollecitazioni di trazione trasversali alla saldatura	WIC3
		Tutte le altre saldature portanti ad eccezione delle saldature in EXC1	WIC2
		Saldature in EXC1 e saldature non portanti	WIC1

a) Una bassa durata a fatica significa un collegamento con una durata a fatica calcolata superiore a 4 volte la durata a fatica richiesta.

b) Conseguenze sostanziali significa che il cedimento dell'elemento o dell'articolazione comporterà:
- possibile perdita di più vite umane; e/o;
- un inquinamento significativo; e/o;
- gravi conseguenze economiche.

c) Le conseguenze possono essere valutate come non sostanziali se la struttura è stata dotata di una resistenza residua sufficiente per far fronte ad azioni accidentali specificate.

d) Le sollecitazioni elevate sono quelle che provocano una sollecitazione (quasi-)statica maggiore del 50% della capacità di trazione o di taglio delle saldature, come appropriato. Le basse sollecitazioni sono quelle che si comportano in modo opposto. Particolare attenzione dovrebbe essere indicata anche alla scelta del WIC, laddove la sollecitazione principale si registra nella direzione dello spessore del materiale di partenza.

L.3 Entità delle prove supplementari

Il prospetto L.2 specifica l'entità e il metodo delle prove supplementari relative alle classi di ispezione della saldatura.

prospetto L.2 **Entità percentuale delle prove supplementari secondo il WIC**

Classe di ispezione della saldatura (WIC)	Tipo di giunto	RT	UT	MT/PT
WIC5	Saldatura di testa in linea a piena penetrazione	10	100	100
	Saldatura di testa a T a piena penetrazione	0	100	100
	Saldature a penetrazione parziale con profondità di penetrazione superiore a 12 mm	0	20	100
	Altre saldature a penetrazione parziale e tutte le saldature d'angolo	0	0	100
WIC4	Saldatura di testa in linea a piena penetrazione	5	50	100
	Saldatura di testa a T a piena penetrazione	0	50	100
	Saldature a penetrazione parziale con profondità di penetrazione superiore a 12 mm	0	10	100
	Altre saldature a penetrazione parziale e tutte le saldature d'angolo	0	0	100
WIC3	Saldatura di testa in linea a piena penetrazione	0	20	20
	Saldatura di testa a T a piena penetrazione	0	20	20
	Saldature a penetrazione parziale con profondità di penetrazione superiore a 12 mm	0	5	20
	Altre saldature a penetrazione parziale e tutte le saldature d'angolo	0	0	20
WIC2	Saldatura di testa in linea a piena penetrazione	0	10	10
	Saldatura di testa a T a piena penetrazione	0	10	10
	Saldature a penetrazione parziale con profondità di penetrazione superiore a 12 mm	0	5	5
	Altre saldature a penetrazione parziale e tutte le saldature d'angolo	0	0	5
WIC1	Tutti i tipi di giunto	0	0	0

METODO SEQUENZIALE PER L'ISPEZIONE DEGLI ELEMENTI DI COLLEGAMENTO

M.1 Generalità

Il metodo sequenziale per l'ispezione degli elementi di collegamento deve essere effettuato secondo i principi della ISO 2859-5, lo scopo della quale è indicare regole basate sulla determinazione progressiva dei risultati delle ispezioni.

La ISO 2859-5 indica due metodi per stabilire i piani di campionamento sequenziale: il metodo numerico e il metodo grafico. Il metodo grafico è applicato per l'ispezione degli elementi di collegamento.

Nel metodo grafico (vedere figura M.1), l'asse orizzontale è il numero di elementi di collegamento ispezionati mentre l'asse verticale indica il numero di elementi di collegamento difettosi.

Le linee del grafico definiscono tre zone: la zona di accettazione, la zona di rifiuto e la zona di indecisione. Finché il risultato dell'ispezione si trova nella zona di indecisione, l'ispezione prosegue fino a quando il tracciato cumulativo non emerge nella zona di accettazione o in quella di rifiuto. L'accettazione significa che non è richiesta un'ulteriore ispezione del campione. Di seguito sono indicati due esempi.

figura M.1 **Esempio di diagramma di ispezione sequenziale**

Legenda

X Numero di elementi di collegamento ispezionati

Y Numero di elementi di collegamento difettosi

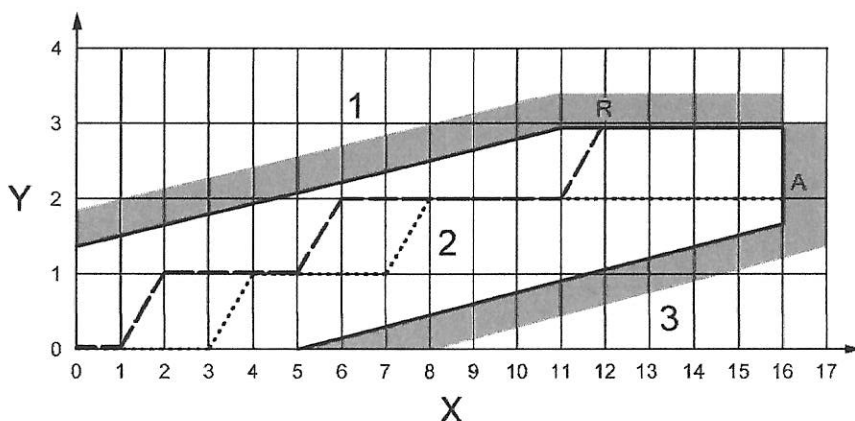
1 Zona di rifiuto

2 Zona di indecisione

3 Zona di accettazione

ESEMPI:

Linea punteggiata: il 2°, 6° e 12° elemento di collegamento sono stati riscontrati difettosi. L'uscita dalla zona di indecisione si trova nella zona di rifiuto. Il risultato è "rifiuto"

Linea tratteggiata: il 4° e l'8° elemento di collegamento sono stati riscontrati essere difettosi. L'ispezione è stata proseguita fino all'attraversamento della linea di demarcazione verticale. Il risultato è "accettazione"

M.2 Applicazione

I seguenti diagrammi, figura M.2 (tipo sequenziale A) e figura M.3 (tipo sequenziale B) si applicano a seconda dei casi.

a) Tipo sequenziale A:

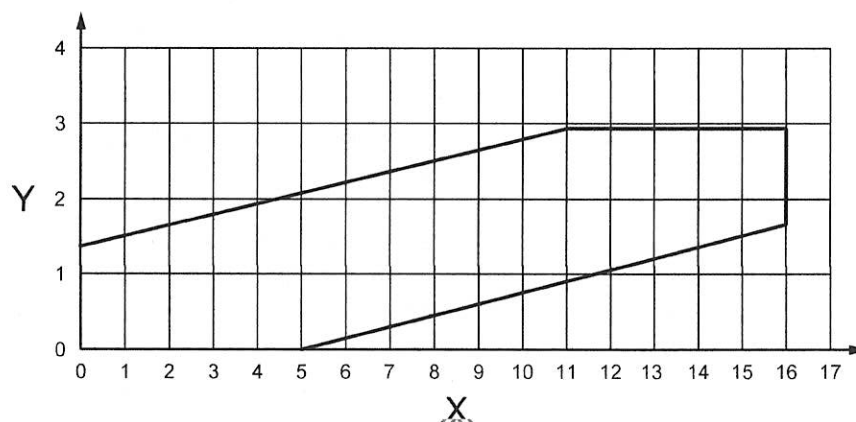
4) Numero minimo di elementi di collegamento da ispezionare: 5

Numero massimo di elementi di collegamento da ispezionare: 16

figura M.2 **Diagramma sequenziale tipo A**

Legenda

X Numero di elementi di collegamento ispezionati

Y Numero di elementi di collegamento difettosi

b) Sequenziale tipo B:

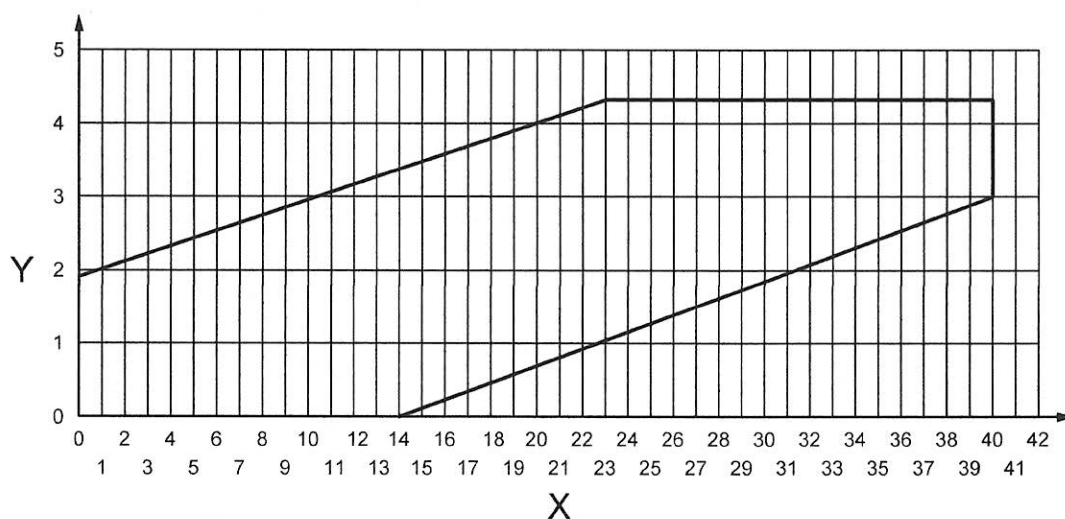
5) Numero minimo di elementi di collegamento da ispezionare: 14

Numero massimo di elementi di collegamento da ispezionare: 40

figura M.3 **Diagramma sequenziale tipo B**

Legenda

X Numero di elementi di collegamento ispezionati

Y Numero di elementi di collegamento difettosi

BIBLIOGRAFIA

[1] EN 508-1 Roofing and cladding products from metal sheet - Specification for self-supporting of steel, aluminium or stainless steel sheet - Part 1: Steel

[2] EN 508-3 Roofing products from metal sheet - Specification for self-supporting products of steel, aluminium or stainless steel sheet - Part 3: Stainless steel

[3] EN 1990 Eurocode - Basis of structural design

[4] EN 1993-1-1:2005 Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings

[5] EN 1993-1-11 Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-11: Design of structures with tension components

[6] EN 1993-5 Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 5: Piling

[7] EN 1994 (all parts) Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structure

[8] EN 10020 Definition and classification of grades of steel

[9] EN 10027-1 Designation systems for steels - Part 1: Steel names

[10] EN 10027-2 Designation systems for steels - Part 2: Numerical system

[11] EN 10079 Definition of steel products

[12] EN 10162 Cold rolled steel sections - Technical delivery conditions - Dimensional and cross-sectional tolerances

[13] EN 12063 Execution of special geotechnical work. Sheet-pile walls

[14] EN 12699 Execution of special geotechnical works - Displacement piles

[15] EN 13438 Paints and varnishes - Powder organic coatings for hot dip galvanised or sherardised steel products for construction purposes

[16] EN 14199 Execution of special geotechnical works - Micropiles

[17] EN 15773 Industrial application of powder organic coatings to hot dip galvanized or sherardized steel articles [duplex systems] - Specifications, recommendations and guidelines

[18] EN ISO 2320 Fasteners - Prevailing torque steel nuts - Functional properties (ISO 2320)

[19] EN ISO 4628 (all parts) Paints and varnishes - Evaluation of degradation of coatings - Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance

[20] EN ISO 7040 Prevailing torque type hexagon regular nuts (with non-metallic insert) - Property classes 5, 8 and 10 (ISO 7040)

[21] EN ISO 7042 Prevailing torque type all-metal hexagon high nuts - Property classes 5, 8, 10 and 12 (ISO 7042)

[22] EN ISO 7719 Prevailing torque type all-metal hexagon regular nuts - Property classes 5, 8 and 10 (ISO 7719)

[23] EN ISO 9000 Quality management systems - Fundamentals and vocabulary (ISO 9000)

[24] EN ISO 10511 Prevailing torque type hexagon thin nuts (with non-metallic insert) (ISO 10511)

[25] EN ISO 13920 Welding - General tolerances for welded constructions - Dimensions for lengths and angles - Shape and position (ISO 13920)

[26] EN ISO 17663 Welding - Quality requirements for heat treatment in connection with welding and allied processes (ISO 17663)

[27] EN ISO/IEC 17020 Conformity assessment - Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection

[28] EN ISO/IEC 17024 Conformity assessment - General requirements for bodies operating certification of persons

[29] CEN ISO/TR 3834-6 Quality requirements for fusion welding of metallic materials - Part 6: Guidelines on implementing ISO 3834 (ISO/TR 3834-6)

[30] ISO 1803 Building construction - Tolerances - Expression of dimensional accuracy - Principles and terminology

[31] ISO 3443-1 Tolerances for building - Part 1: Basic principles for evaluation and specification

[32] ISO 3443-2 Tolerances for building - Part 2: Statistical basis for predicting fit between components having a normal distribution of sizes

[33] ISO 3443-3 Tolerances for building - Part 3: Procedures for selecting target size and predicting fit

[34] ISO 7976-1 Tolerances for building - Methods of measurement of buildings and building products - Part 1: Methods and instruments

[35] ISO 7976-2 Tolerances for building - Methods of measurement of buildings and building products - Part 2: Position of measuring points

[36] ISO 10005 Quality management systems - Guidelines for quality plans

[37] ISO 17123 Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments

[38] ASTM A325 Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength

[39] BCSA and Galvanizers Association Publication No. 40/05 - Galvanized structural steelwork - An approach to the management of liquid metal assisted cracking; 2005

[40] DASt-Ri 022 - Guideline for hot-dip-zinc–coating of prefabricated load bearing steel components

[41] ECCS No 79, European recommendations for bolted connections with injection bolts; August 1994

[42] EGGA Guidance Document - Controlling liquid metal assisted cracking during galvanizing of constructional steelwork (2014)

[43] JRC Scientific and technical reports - Hot-dip-zinc-coating of prefabricated structural steel components

[44] ISO/TR 20172 Welding - Grouping systems for materials - European materials

[45] ISO/TR 20173 Welding - Grouping systems for materials - American materials

[46] ISO/TR 20174 Welding - Grouping systems for materials - Japanese materials

[47] EN 1991-1-6 Eurocode 1 - Actions on structures Part 1-6: General actions - Actions during execution

[48] EN ISO 16228 series, Drilling and foundation equipment - Safety